



Docol®

Docol UHS – Kaltgewalzter ultrahochfester Stahl

Leicht – Stark – Formbar

SSAB
SWEDISH STEEL





Der kaltgewalzte ultrahochfeste Stahl von SSAB Swedish Steel – Docol UHS – ist ein Stahl mit einer garantierten Mindestzugfestigkeit von 800 N/mm² bis 1400 N/mm² und einer Streckgrenze von über 500 N/mm².

Docol UHS bietet viele Wettbewerbsvorteile. Die hohe Streckgrenze des neuen Stahls Docol UHS macht es möglich, die Blechdicke von Komponenten zu reduzieren und damit gleichzeitig die Werkstoffkosten zu senken.

Da die Festigkeit eine wichtige, preisbestimmende Eigenschaft jedes Stahls ist, sollte man vielleicht einmal ausrechnen, wie viel man eigentlich für jeden N/mm² bezahlt, statt den Stahlpreis immer auf das Gewicht in kg zu beziehen. Je höher die gewählte Streckgrenze liegt, desto geringer werden die Kosten, wenn man sie auf N/mm² bezieht. Man erhält dabei immer eine deutlich höhere Streckgrenze zu geringeren Kosten.

I N H A L T

- 4 - 5 Einzigartige Eigenschaften schaffen einzigartige Möglichkeiten**
- 6 - 7 Modernster Stahl mit vielen Einsatzgebieten**
- 8 - 9 Docol UHS – Stahlgüten und Dimensionen**
- 10 - 25 Technische Eigenschaften**
Scheren und Stanzen, Laserschneiden, Umformen,
Energieaufnahme, Alterung, Stoß- und Schlagfestigkeit
Kaltverfestigung und Härten, Wärmebehandlung, Ermüdung,
Schweißen, Oberflächenbehandlung
- 26 - 29 Werkzeugstahl**
- 30 - 31 Konstruieren mit Docol UHS**
- 32 - 33 Wir unterstützen Sie bei der Nutzung der Vorteile
des ultrahochfesten Stahls**
- 34 Wichtige Hinweise**
- 35 Umwelt und Recycling**

Einzigartige Eigenschaften schaffen einzigartige Möglichkeiten

Der kaltgewalzte ultrahochfeste Stahl Docol UHS erhält seine einzigartigen Eigenschaften in der kontinuierlichen Glühlinie von SSAB Swedish Steel.

Der Stahl wird abhängig von der Stahlgüte bei einer Temperatur zwischen 750 und 850 °C geglüht und dann durch schnelles Abschrecken in einem Wasserbad gehärtet.

Im nächsten Veredelungsschritt, dem Anlassen, wird der Stahl wieder auf 200 – 400 °C erwärmt und erhält dabei seine endgültige Kristallstruktur, die für seine Zähigkeit und gute Verformbarkeit sorgt. Dieses einzigartige Glühverfahren ergibt eine martensitische Anlass-Struktur, die dem Stahl seine hohe Festigkeit verleiht.

Sowohl das Glühen als auch das Anlassen erfolgen unter Schutzgas, um eine Oxidation der Oberfläche des Stahls zu verhindern, und zwischen dem Härten und dem Anlassen durchläuft das Stahlband ein Beizebad, in dem die beim Abschrecken im Wasser entstandene dünne Oxidschicht entfernt wird.

Die Mikrostruktur des Stahls

Die Mikrostruktur des Stahls besteht aus einer harten Phase, dem Martensit, und einer weichen Phase, dem Ferrit. Die Festigkeit steigt umso mehr, je größer der Anteil der harten Martensit-Phase wird.

Der Martensit-Anteil des Stahls wird durch den Kohlenstoffgehalt des Stahls und den Temperaturzyklus des kontinuierlichen Glühens bestimmt.

Reiner Werkstoff mit guten Eigenschaften

Durch das Abschreckhärten im Wasserbad sind nur sehr geringe Mengen von Legierungselementen für die Produktion von Docol UHS erforderlich. Nur geringe Zuschläge von Kohlenstoff, Silizium und Mangan werden eingesetzt, um eine ausreichende Härtebarkeit zu erreichen.

Das Ergebnis ist ein Stahl mit guten Schweiß Eigenschaften, guter Verformbarkeit und gleichmäßigen mechanischen Eigenschaften. Docol UHS kann mit konventionellen Verfahren gestanzt, umgeformt und geschweißt werden.

Geeignet für durchflussmengenorientierte Produktion

Docol UHS eignet sich gut für moderne durchflussmengenorientierte Produktionsabläufe, da die Teile ohne Unterbrechungszeiten für Wärmebehandlung in einem kontinuierlichen Ablauf weiterverarbeitet werden können.

Durch den Einsatz von Docol UHS in einer durchflussmengenorientierten Produktion lassen sich die Kosten für Handling und Energie zum Erwärmen reduzieren und gleichzeitig werden eine bessere Effektivität und kürzere Leitzeiten erreicht.

Da Docol UHS bei Lieferung bereits gehärtet und angelassen ist, muss er nicht mehr wärmebehandelt werden und kann dadurch unter anderem auch hochkohlenstoffhaltige Stähle ersetzen.

Gute Verformbarkeit

Trotz seiner hohen Festigkeit bietet Docol UHS eine gute Verformbarkeit und kann mit konventionellen Verfahren umgeformt werden.

In vielen Fällen wird Docol UHS eingesetzt, um Gewicht einzusparen und ersetzt dabei einen Werkstoff mit geringerer Festigkeit und größerer Werkstückdicke. In diesen Fällen lässt sich Docol UHS oft genau auf die gleiche Art und Weise verarbeiten wie der vorher eingesetzte Werkstoff, da die Press-, Biege- und Scherkraft unter anderem von der Werkstückdicke abhängen.

Docol UHS eignet sich hervorragend auch für das Profilwalzen. Stoßfänger werden beispielsweise aus Docol 1400 M profilgewalzt.

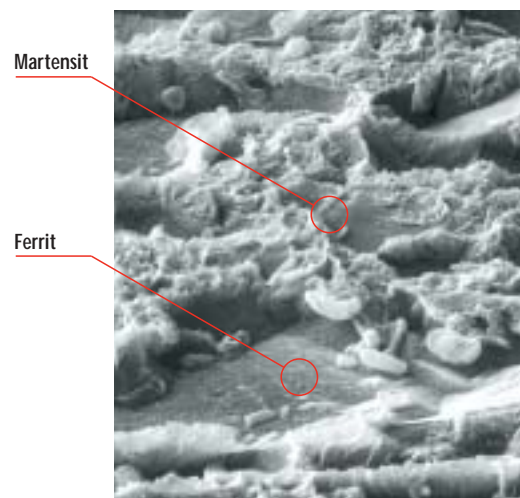


Bild von Docol 800 SP unter dem Raster-Elektronenmikroskop (x500). Die Abbildung zeigt die Martensit- und die Ferrit-Phase des Stahls.



Umweltvorteile

Der Einsatz von Docol UHS hat auch für die Umwelt viele Vorteile. Wenn sich das Gewicht einer Konstruktion verringert, wird eine geringere Menge Werkstoff eingesetzt und dadurch bei der Produktion Energie eingespart.

Gleichzeitig ist auch die für den Transport des Stahls erforderliche Energie geringer.

Wenn Docol UHS eingesetzt wird, um das Gewicht von Fahrzeugen zu reduzieren, sinkt auch der Kraftstoffverbrauch und damit der Abgasausstoß der Fahrzeuge.

Das Härten von Docol UHS erfolgt direkt bei der Pro-

duktion. Dadurch entfallen die Kosten für das Aufheizen der Härteöfen und die damit verbundenen Umweltbeeinträchtigungen. Stahl ist zudem in bereits vorhandenen Systemen komplett recycelbar.

Viele Einsatzgebiete

Dank seiner hohen Festigkeit eignet sich Docol UHS für viele Einsatzgebiete in der Automobilindustrie, besonders für sicherheitsrelevante Komponenten.

In der Automobilindustrie wird Docol UHS beispielsweise für Seitenaufprallschutzprofile, Stoßfänger, Sitze und andere Komponenten eingesetzt, bei

denen die größtmögliche Stärke bei geringstmöglichem Gewicht und hoher Energieaufnahme-fähigkeit benötigt werden.

Docol UHS wird auch an allen Punkten eingesetzt, an denen hohe Widerstandsfähigkeit gegen Schlag, Stoß und Abnutzung erforderlich ist, beispielsweise als Diebstahlschutz für Computer und Förderbänder. Weitere Einsatzbeispiele siehe nächste Doppelseite.

Modernster Stahl mit vielen Einsatz- gebieten

Docol UHS ist ein High-Tech-Stahl mit vielen hervorragenden Werkstoffeigenschaften.

Aber das bedeutet nicht, dass sich Docol UHS nur für den Einsatz für High-Tech-Komponenten eignet.

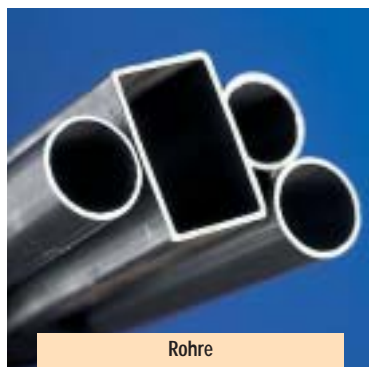
Das Gegenteil ist richtig. Auch der Einsatz von Docol UHS für die einfachsten Teile kann sehr große Vorteile haben.

Es ist einfach, Konstruktionen auf den neuen Docol UHS umzustellen. Denn Docol UHS lässt sich genauso bearbeiten und umformen wie die vorher eingesetzten Werkstoffe und mit den vorher eingesetzten Verfahren und Maschinen.

Mit Docol UHS können Sie Ihre Werkstoff- und Fertigungskosten reduzieren und Komponenten erzeugen, die leichter und stärker sind und dabei noch bessere Umwelteigenschaften aufweisen.

Auf dieser Doppelseite sehen Sie einige Beispiele für den Einsatz von Docol UHS bei besonders anspruchsvollen und ganz einfachen Teilen.

Aber die besten Beispiele befinden sich wahrscheinlich ganz in Ihrer Nähe.



Rohre



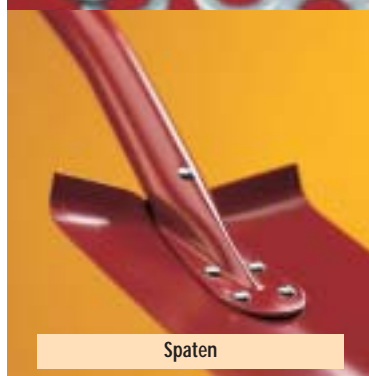
Gitterboxen



Scheiben



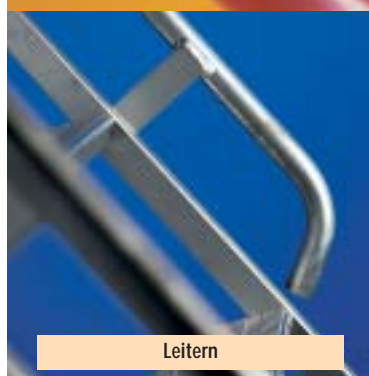
Schlauchklemmen



Spaten



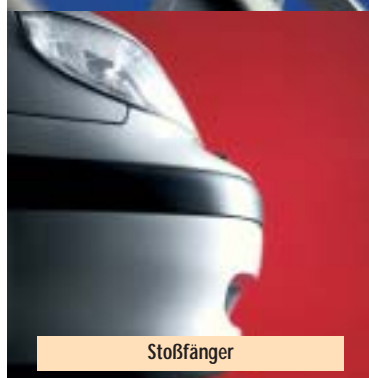
Waffen- und Wertschränke



Leitern



Sicherungsringe



Stoßfänger



Fahrräder



Docol UHS – Stahlgüten und Dimen- sionen

Der kaltgewalzte Stahl Docol von SSAB Swedish Steel mit einer Streckgrenze von mehr als 500 N/mm² wird als ultrahochfester Stahl UHS bezeichnet.

Betrachtet man das Festigkeitsniveau, vereint Docol UHS eine hohe Festigkeit mit sehr guten Umformeigenschaften. Der Stahl weist eine garantierte Mindestzugfestigkeit von 1400 N/mm² und eine Streckgrenze von mehr als 500 N/mm² auf.

Durch die Ausnutzung der Kaltverfestigungs- und Härteeigenschaften des Stahls lassen sich an der fertigen Komponente noch wesentlich höhere Streckgrenzwerte erzielen.

DP- und DL-Stahl

Zum Docol UHS-Stahl gehören sowohl DP- als auch DL-Stähle.

DP-Stahl weist eine hohe Übereinstimmung von Streckgrenze und Zugfestigkeit auf, wodurch das Vermögen zur Verteilung von Dehnungskräften bei der Bearbeitung gut ist.

DL-Stahl wird so produziert, dass sich zwischen Streckgrenze und Zugfestigkeit eine etwas größere Differenz ergibt als beim DP-Stahl. Das bedeutet, dass DL-Stahl eine noch bessere Verformbarkeit hat als DP-Stahl.

Die Ziffern in der Stahlbezeichnung geben die niedrigste Zugfestigkeit an. Die Differenz zwischen Streckgrenze und Zugfestigkeit ist in unbearbeitetem Zustand normal groß, verringert sich aber stark bei Kaltverformung.



Festigkeitswerte					
Stahlgüte	Streckgrenze $R_{p0,2}$ (N/mm ²) min – max	Streckgrenze nach Warmhärten $R_{p2,0} + BH^{**}$ (N/mm ²) min	Zugfestigkeit R_m (N/mm ²) min – max	Bruchdehnung A_{80} min (%)	Mindestbiegeradius bei 90° Abkanten min
Docol 800 DP	500 – 650	650	800 – 950	8	1 x Blechdicke
Docol 800 DL*	390 – (540)	550	800 – 950	13	1 x
Docol 1000 DP	700 – 950	850	1000 – 1200	5	3 x
Docol 1200 M	950 – (1200)	1150	1200 – 1400	4	4 x
Docol 1400 M	1150 – (1400)	1350	1400 – 1600	3	4 x

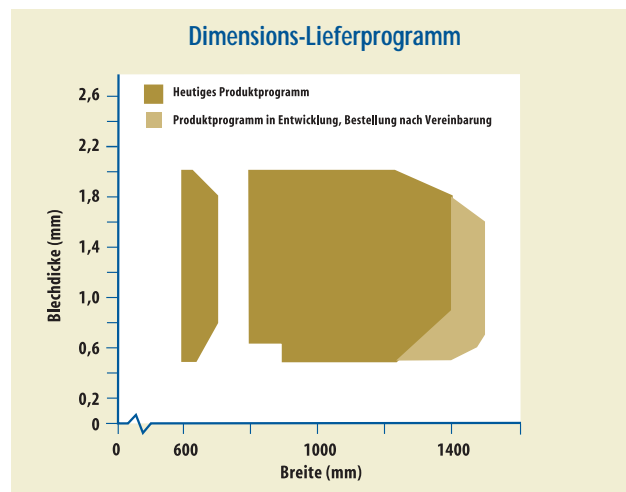
(*) In Entwicklung.

(**) BH = Warmhärten nach Dehnung um 2% und Erwärmen auf 170°C für 20 Minuten.

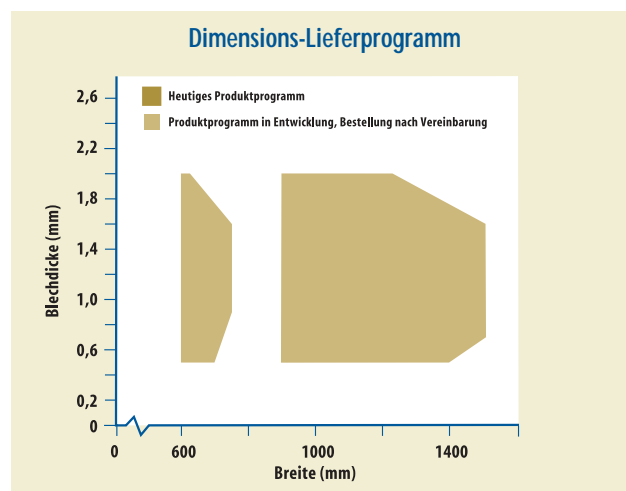
() = keine verbindlichen Werte

Chemische Zusammensetzung (Typische Werte)							
Stahlgüte	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Nb (%)	Al _{ges.} (%)
Docol 800 DP	0.13	0.20	1.50	0.015	0.002	0.015	0.04
Docol 800 DL*	0.14	0.20	1.70	0.015	0.002	0.015	0.04
Docol 1000 DP	0.15	0.50	1.50	0.015	0.002	0.015	0.04
Docol 1200 M	0.12	0.20	1.60	0.015	0.002	–	0.04
Docol 1400 M	0.17	0.50	1.60	0.015	0.002	0.015	0.04

(*) In Entwicklung.



Docol 800 DP und Docol 1000 DP



Docol 800 DL, Docol 1200 M und Docol 1400 M

Technische Eigenschaften

Technische Eigenschaften	
Scheren und Stanzen	10
Laserschneiden	10
Umformen	12
Energieaufnahme	16
Alterung	16
Stoß- und Schlagfestigkeit	17
Kaltverfestigung und Härten	18
Wärmebehandlung	19
Ermüdung	20
Schweißen	20
Oberflächenbehandlung	25



Scheren und Stanzen

Beim Scheren von hochfesten

Werkstoffen muss man die Scherparameter an die Härte des Blechs, die Werkstückdicke, die Scherfestigkeit und die Konstruktion/Steifigkeit und Abnutzung der Schere oder Maschine anpassen.

Besonders wichtig ist dabei die richtige Breite des Scherspalt. Der Scherspalt hängt von der Blechdicke, der Festigkeit sowie den Anforderungen an das Aussehen der Scherkante ab. Je dicker der Werk-

stoff und je höher die Festigkeit des Werkstoffs ist, desto größer muss der Scherspalt sein. Für normalen weichen Baustahl und Stahl mit mittlerer Festigkeit wird in der Regel ein Scherspalt von 6% der Blechdicke gewählt. Für Docol UHS wird ein Scherspalt von ungefähr 10% der Blechdicke empfohlen. Ein größerer Scherspalt ergibt eine glattere Scherfläche, aber auch eine etwas größere Fehlkante.

Die Scherkraft in Newton lässt sich folgendermaßen berechnen:

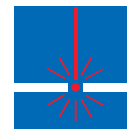
$$F = \frac{K_{sk} \cdot t^2}{2 \cdot \tan \eta}$$

dabei ist, F = Scherkraft (N)
 K_{sk} = Scherfestigkeit (e • Zugfestigkeit)
 η = tatsächlicher Scherwinkel
 t = Blechdicke

Der Beiwert e hängt von der Zugfestigkeit des Werkstoffs ab. Bei weichem Stahl, entsprechend DC 01, beträgt e = 0,8, während Docol UHS einen Beiwert e = 0,6 aufweist. Eine höhere Zugfestigkeit erfordert auch eine höhere Scherkraft. Häufig bedeutet ein Werkstoffwechsel auf einen hochfesten

Stahl eine Verringerung der Blechdicke, wodurch die erforderliche Scherkraft deutlich abnimmt.

Der Scherspalt hat eine große Bedeutung für die Abnutzung beim Stanzen. Eine gefaste Stanze verringert den Kraftbedarf um bis zu 50%.



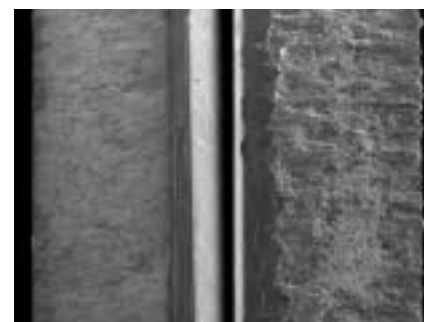
Laserschneiden

Die aus Docol UHS gefertigten Komponenten

haben oft eine komplizierte geometrische Form. Durch den Einsatz von Lasern zum Schneiden können diese komplizierten Formen direkt beim Scheren realisiert werden, ohne dass eine Nachbehandlung erforderlich ist. Laserschneiden ist ein qualitativ hochwertiges Schneidverfahren mit hoher Schnittqualität und großer Maßgenauigkeit. Um die guten Schneideigenschaften erzielen zu können, werden nicht nur an die Einstellung der Schneid-ausrüstung, sondern auch an den zu schneidenden Werkstoff hohe Anforderungen gestellt. Einer der wichtigsten Faktoren für das Schneidergebnis beim Grundwerkstoff ist dessen Oberflächenbeschaffenheit.

Oberflächenbeschaffenheit

Um eine hohe Schnittqualität erreichen zu können, d. h. eine geringe Winkelabweichung (Konizität μ) und eine glatte Schnittfläche (Rz), ist besonders die Sauberkeit der Werkstoffoberfläche wichtig. Eine saubere Werkstoffoberfläche ergibt beste Schnitteigen-



10% der Blechdicke

6% der Blechdicke

Einfluss des Scherspalt auf die Werkstoffkanten bei Docol 1400 M

Blehdickenverhältnis											
Ausgangs- stahlgüte	Wird ersetzt durch:										
	DC01	DC04	Docol 220 BH	Docol 260 BH	Docol 300 BH	Docol 280 YP	Docol 350 YP	Docol 800 DP	Docol 1000 DP	Docol 1200 M	Docol 1400 M
DC01	1.00	1.14	1.03	0.95	0.89	0.92	0.82	0.69	0.58	0.50	0.45
DC04	0.88	1.00	0.90	0.83	0.77	0.80	0.72	0.60	0.51	0.44	0.40
Docol 220 BH	1.12	1.12	1.00	0.95	0.90	0.96	0.91	0.65	0.58	0.53	0.49
Docol 260 BH	1.05	1.20	1.09	1.00	0.93	0.96	0.86	0.72	0.61	0.52	0.48
Docol 300 BH	1.13	1.29	1.17	1.07	1.00	1.04	0.93	0.77	0.65	0.56	0.51
Docol 280 YP	1.09	1.25	1.13	1.04	0.97	1.00	0.89	0.75	0.63	0.54	0.49
Docol 350 YP	1.22	1.39	1.26	1.16	1.08	1.12	1.00	0.84	0.71	0.61	0.55
Docol 800 DP	1.46	1.67	1.51	1.39	1.29	1.34	1.20	1.00	0.85	0.73	0.66
Docol 1000 DP	1.73	1.97	1.78	1.64	1.53	1.58	1.41	1.18	1.00	0.86	0.78
Docol 1200 M	2.01	2.30	2.08	1.91	1.78	1.84	1.65	1.38	1.16	1.00	0.91
Docol 1400 M	2.21	2.53	2.29	2.10	1.96	2.03	1.81	1.52	1.28	1.10	1.00

Scherkraftverhältnis											
DC01	1.00	1.31	1.35	1.27	1.22	1.15	1.02	1.04	0.93	0.82	0.79
DC04	0.77	1.00	1.03	0.97	0.93	0.88	0.78	0.80	0.71	0.63	0.61
Docol 220 BH	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75	0.75
Docol 260 BH	0.79	1.03	1.06	1.00	0.96	0.90	0.80	0.82	0.73	0.65	0.62
Docol 300 BH	0.82	1.07	1.10	1.04	1.00	0.94	0.84	0.86	0.77	0.68	0.65
Docol 280 YP	0.87	1.14	1.17	1.11	1.06	1.00	0.89	0.91	0.81	0.72	0.69
Docol 350 YP	0.98	1.28	1.32	1.25	1.20	1.13	1.00	1.02	0.91	0.81	0.78
Docol 800 DP	0.96	1.25	1.29	1.22	1.17	1.10	0.98	1.00	0.89	0.79	0.76
Docol 1000 DP	1.07	1.40	1.44	1.36	1.31	1.23	1.09	1.12	1.00	0.88	0.85
Docol 1200 M	1.21	1.58	1.63	1.54	1.48	1.39	1.24	1.27	1.13	1.00	0.96
Docol 1400 M	1.26	1.64	1.69	1.60	1.53	1.45	1.28	1.31	1.17	1.04	1.00

Erklärung der Verwendung der Tabelle: Wenn beispielsweise von der Stahlgüte DC04 auf Docol 800 DP umgestellt werden soll, kann die Blechdicke auf 60% der ursprünglichen Blechdicke reduziert werden. Gleichzeitig ergibt sich eine Scherkraft von 80% der für das Scheren von DC04 erforderlichen Scherkraft.

schaften sowohl hinsichtlich der Schnittqualität als auch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit.

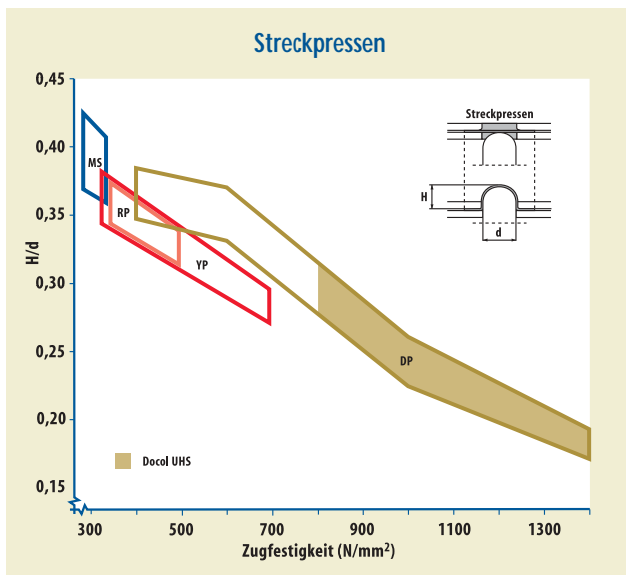
Testergebnis

Das Laserschneiden hat sich in den letzten Jahren immer mehr durchgesetzt. Aus diesem Grund hat SSAB Swedish Steel Untersuchungen über die Laserschneideigenschaften von Docol UHS durchgeführt, teilweise mit eigenen Versuchen, teilweise durch Sammeln von Erfahrungsberichten aus anderen Unternehmen, die bereits Laserschneidegeräte einsetzen. Bei der Auswertung dieser Unter-

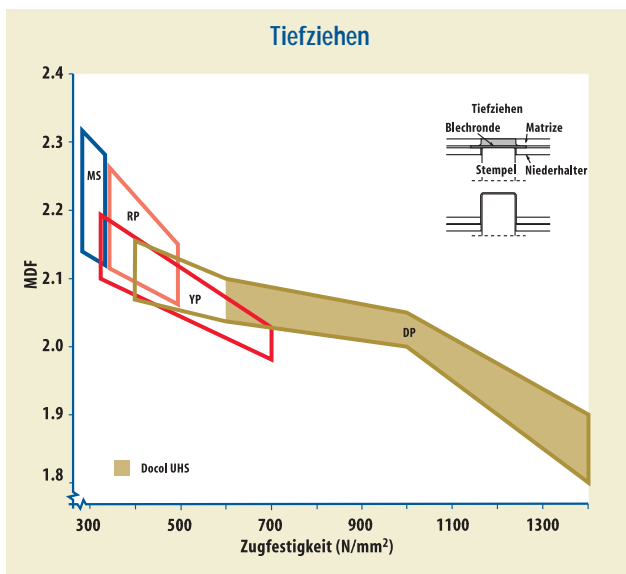
suchungen ergab sich zusammengefasst folgendes Ergebnis.

- Für Docol UHS sind keine speziellen Schneidparameter erforderlich.
- Docol UHS erfüllt die Norm für die höchste Klasse nach DIN 2310, Teil 5, für laserschnittene Kanten, sowohl hinsichtlich Rauigkeit als auch hinsichtlich der Konizität.
- Docol UHS enthält keine mikroskopischen Schlackeeinschlüsse, die die Schnittqualität negativ beeinflussen können.

- Härteänderungen treten nur in einer schmalen Zone nahe der Schnittkante auf. Diese Zone liegt so nahe an der Schnittkante und ist so schmal, dass sie bei einem anschließenden Schweißvorgang verschwindet.



Ein Vergleich der Streckpressbarkeit H/d im Verhältnis zur Zugfestigkeit zwischen weichem Baustahl (MS) und Docol YP, RP und DP. Die Abbildung zeigt die guten Umformeigenschaften von Docol UHS.



Ein Vergleich der Tiefziehbarkeit MDF im Verhältnis zur Zugfestigkeit zwischen weichem Baustahl (MS) und Docol YP, RP und DP. Die Abbildung zeigt die gute Tiefziehbarkeit von Docol UHS.



Umformen

Trotz seiner hohen Festigkeit bietet Docol UHS eine gute Verformbarkeit und kann auf konventionelle Art und Weise umgeformt werden. Die im Vergleich zu weichem Stahl etwas schlechtere Verformbarkeit kann fast immer durch Änderung der Teileform kompensiert werden.

Streckpressen

Beim Streckpressen (Tiefungsversuch) ist der Werkstoff fest im Halter eingespannt, wodurch die gesamte plastische Verformung über dem Stempel erfolgt. Der Werkstoff wird in zwei Achsen gedehnt und erfährt dadurch eine Dickenreduzierung. Sobald die Verformung an einer Stelle zu groß wird, reißt der Werkstoff. Die Streckpressbarkeit hängt vor allem von der Fähigkeit des Werkstoffs ab, Dehnungen gleichmäßig zu verteilen.

Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Streckpressbarkeit eines Werkstoffs und seinen Kaltverfestigungseigenschaften, d. h. je stärker die Kaltverfestigung des Werkstoffs, desto besser die Streckpressbarkeit.

Da Docol UHS eine starke Kaltverfestigung aufweist, bietet der Werkstoff auch eine bessere Streckpressbarkeit als normaler Stahl mit vergleichbarer Festigkeit.

Tiefziehbarkeit

Die Prüfung der Tiefziehbarkeit eines Werkstoffs ist dadurch gekennzeichnet, dass das gesamte Prüfblech oder ein großer Teil davon dem Stempel durch die Matrize folgt und der Niederhalterdruck so einzustellen ist, dass die Bildung von Falten vermieden wird.

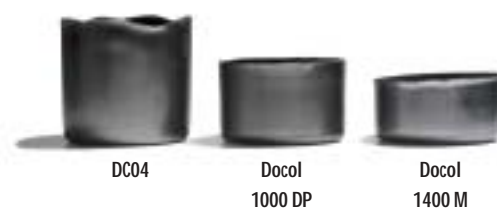
Die Tiefziehbarkeit eines Werkstoffs hängt hauptsächlich von zwei Faktoren ab:

- Fähigkeit zu plastischer Verformung in der Blechebene, d. h. die Fließeigenschaft des Werkstoffs beim Übergang vom Flansch in die Seite während des Tiefziehens.
- Der Werkstoff an den Seitenwänden muss plastischer Verformung in Richtung der Blechdicke widerstehen, um das Bruchrisiko zu reduzieren.

Docol UHS hat gleich gute oder etwas bessere Tiefzeigeneigenschaften als andere Stähle mit vergleichbarer Festigkeit.

Kragenziehen

Das Verhältnis zwischen dem Lochdurchmesser nach dem Kragenziehen und dem Lochdurchmesser vor dem Kragenziehen wird als Kragenziehverhältnis bezeichnet.



Die Abbildung zeigt die guten Umformeigenschaften von Docol UHS.

Der Schergrat muss zum Stempel weisen, da die Außenbereiche des Werkstoffs die stärkste Verformung erfahren und die Kaltumformung durch das Scheren die Duktilität der Scherkanten reduziert.

Da die Außenbereiche bei einem dünnen Werkstoff weniger verformt werden als bei einem dickeren Werkstoff, erreicht ein dünnerer Werkstoff bei gleichem Innendurchmesser des Lochs ein höheres Kragenziehverhältnis als ein dickerer Werkstoff.

Um das beste Ergebnis beim Kragenziehen von Docol UHS zu erhalten, empfehlen wir einen größeren Fußradius (1,5 – 2 x t) als bei weichem Stahl. In der

Praxis wird ein größerer Spalt zwischen Stempel und Matrize verwendet.

Abkanten

Beim Abkanten wird das Blech durch ein Biegemoment verformt. Die Außenseite des Blechs wird gedehnt und die Innenseite gestaucht. Die Biegebarkeit sinkt mit zunehmender Festigkeit. Der Unterschied zwischen der Biegebarkeit längs beziehungsweise quer zur Walzrichtung ist bei Docol UHS relativ groß. Das bedeutet, dass die Wahl des richtigen Stempelpunkts zusammen mit der richtigen Öffnung der Abkantwanne beim Biegen von Docol UHS besonders wichtig ist.

Biegebarkeit quer zur Walzrichtung, Blechdicke 1,5 mm							
Stempelpunktradius R (mm)	R/t	Abkantwanne- breite W (mm)	W/t	Docol 800 DP	Docol 1000 DP	Docol 1200 M	Docol 1400 M
1	0.67	9	6.0	OK	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
1		12	8.1	OK	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
1		16	10.8	OK	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
1		24	16.2	OK	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
3	2.00	12	8.1	OK	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
3		16	10.8	OK	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
3		24	16.2	OK	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
5	3.33	12	8.1	OK	OK	OK	OK
5		16	10.	OK	OK	OK	OK
5		24	16.2	OK	OK	OK	OK

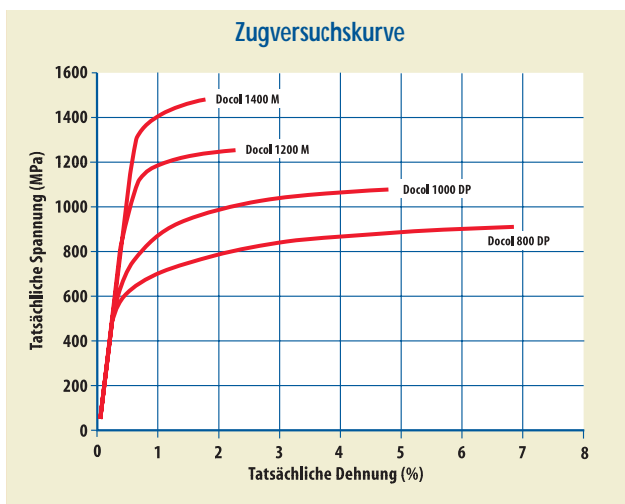
OK
 Lokale Kontraktion/Risse
 t = Blechdicke

Biegebarkeit in Walzrichtung, Blechdicke 1,5 mm							
Stempelpunktradius R (mm)	R/t	Abkantwanne- breite W (mm)	W/t	Docol 800 DP	Docol 1000 DP	Docol 1200 M	Docol 1400 M
1	0.67	9	6.0	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
1		12	8.1	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
1		16	10.8	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
1		24	16.2	OK	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
3	2.00	12	8.1	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
3		16	10.8	OK	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
3		24	16.2	OK	OK	Lokale Kontraktion/Risse	Lokale Kontraktion/Risse
5	3.33	12	8.1	OK	OK	OK	OK
5		16	10.8	OK	OK	OK	OK
5		24	16.2	OK	OK	OK	OK

OK
 Lokale Kontraktion/Risse
 t = Blechdicke



Sicherheitsverstärkung Fahrzeugkabine, VOLVO Lkw
Docol 800 DP, 1,25 mm



Profilwalzen

Profilwalzen ist ein Umformverfahren, für das sich Docol UHS besonders gut eignet. Dieses Verfahren ist sanfter für den Werkstoff als das Abkanten und erlaubt dadurch die Herstellung von Profilen mit komplizierten Querschnitten und scharfen Radien. Profilwalzlinien für Docol UHS müssen nicht teurer sein als für konventionelle Werkstoffe, da sich in der Praxis gezeigt hat, dass Profilwalzlinien für Docol UHS mit weniger Walzenpaaren auskommen können als Profilwalzlinien für weichen Stahl.

Das Profilwalzen kann auch mit anderen gleichzeitigen oder anschließenden Arbeitsgängen wie beispielsweise Stanzen, Schweißen oder Krümmen kombiniert werden.

Durch seine hohe Festigkeit federt Docol UHS mehr zurück als weichere Werkstoffe, auch beim Profilwalzen. Eine Profilwalzlinie für einen weichen Werkstoff muss deshalb in der Regel an die höhere Festigkeit angepasst werden.

Zugversuchskurven

Zugversuchskurven von konventionellen Zugversuchen sind für unterschiedliche Arten der FEM-Berechnung (FEM = Finite-Element-Methode) verwendbar, beispielsweise für die Berechnung des Tragevermögens oder der Energieaufnahme von konstruierten Komponenten. Die tatsächliche Spannungs-/Dehnungskurven sehen eine Kompensation der Spannungs-/Dehnungswerte wegen der Querschnittsreduktion bei der Versuchsdurchführung vor. Eine höhere Festigkeit des Stahls bedeutet, dass das Spannungsniveau bei einer gegebenen Dehnung höher ist.

Verformbarkeitsgrenzkurven

Die Verformbarkeitsgrenzkurven zeigen an, wie stark der Werkstoff bei einem bestimmten Dehnungsweg oder einem bestimmten Verformungszustand verformt werden kann.

Die Verformbarkeitsgrenzkurven können zur Dokumentation oder als Hilfe bei der Einrichtung schwieriger Pressvorgänge verwendet werden.

Auf ein Probstück wird ein Koordinatenmuster geätzt. Anschließend wird das Probstück gepresst. Anschließend wird die Durchmesseränderung in zwei Richtungen gemessen, in Richtung der Stärksten Dehnung (e_{\max}) und senkrecht dazu (e_{\min}).

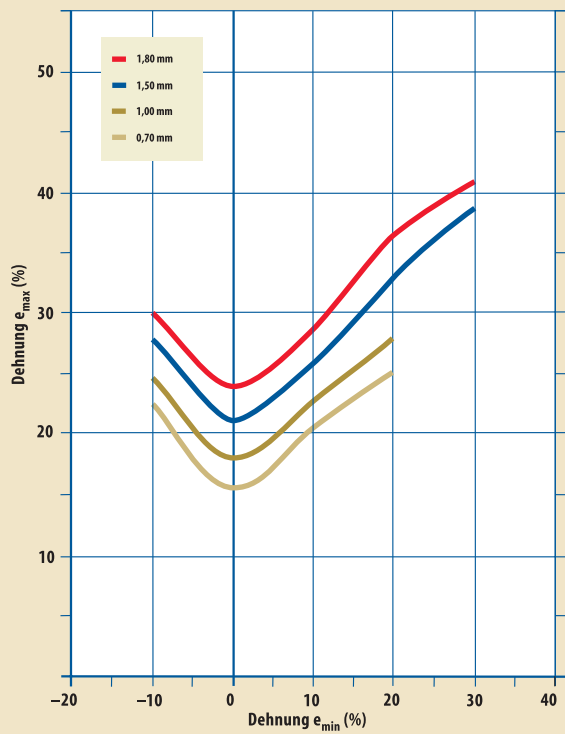
Wenn sich eine positive Veränderung in beiden Richtungen ergibt, handelt es sich um ein Streckpressen, was rechts von der Nulllinie im Verformbarkeitsgrenzdiagramm eingetragen wird.

Links von der Nulllinie werden die Werte eingetragen, die einen negativen e_{\min} - und einen positiven e_{\max} -Wert aufweisen, was ein Zeichen für gute Tiefziehfähigkeit ist. Alle Dimensionsveränderungen werden in % gemessen.

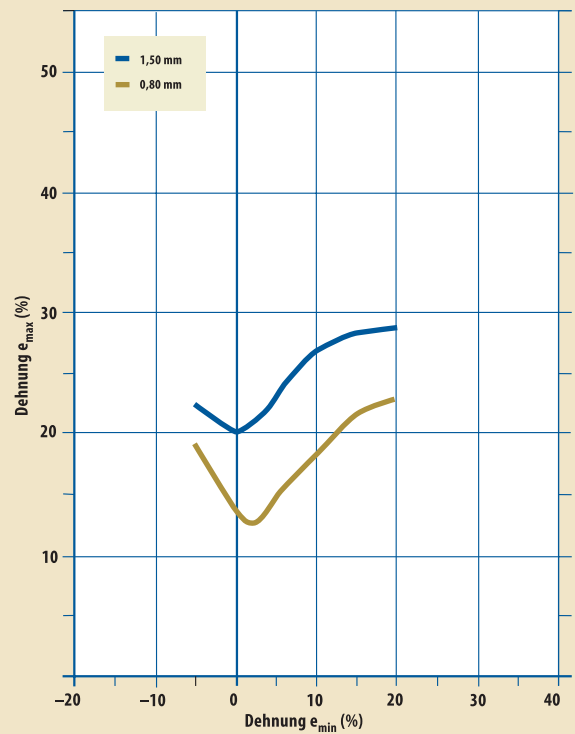
Die Kurven hängen von der Dicke des Werkstoffs ab und sind deshalb auf die tatsächliche Werkstückdicke umzurechnen. Das Ergebnis für einen konkreten Pressvorgang wird im Diagramm eingetragen und mit der Werkstoffkurve verglichen. Falls das Ergebnis unterhalb der Kurve liegt, übersteht der betrachtete Werkstoff die Umformung, ohne zu versagen.

Verformbarkeitsgrenzkurven für Docol UHS

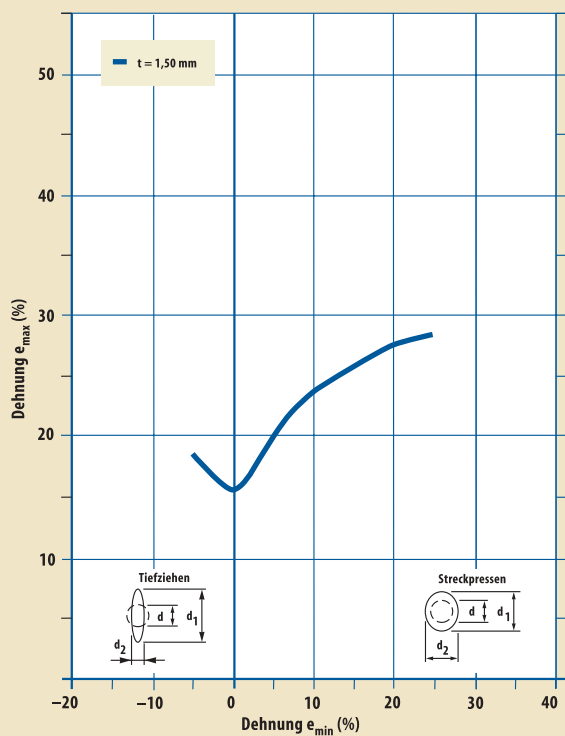
Docol 800 DP



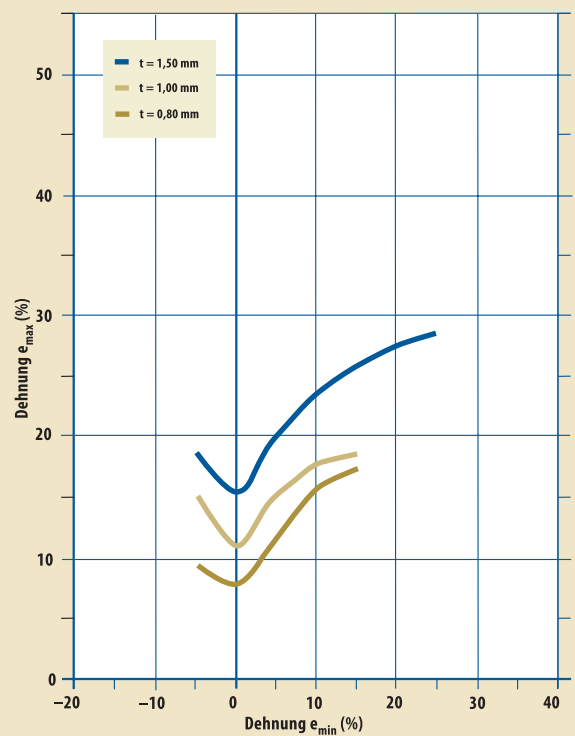
Docol 1000 DP



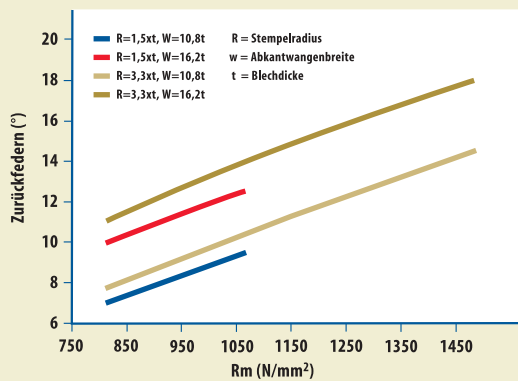
Docol 1200 M



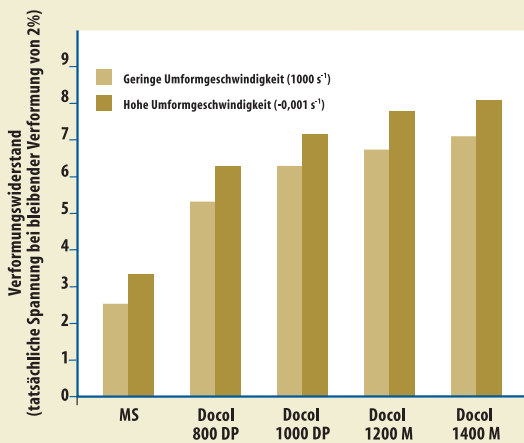
Docol 1400 M



Zurückfedern von Docol UHS beim Abkanten um 90° ($t = 1,5\text{mm}$)



Verformungswiderstand von Docol UHS



Das Diagramm zeigt die Energieaufnahme von Rohren bei axialer Verformung mit zwei unterschiedlichen Umformgeschwindigkeiten. Je höher die Umformgeschwindigkeit, desto größer ist die Energieaufnahme (berechnete Werte).

Zurückfedern

Bei der Umstellung von einem weicheren Stahl auf einen festeren Stahl erhöht sich auch der Grad des Zurückfederns. Das Maß des Zurückfederns wird aber nicht nur durch die Werkstoff-Festigkeit beeinflusst, sondern auch durch die Wahl und Einrichtung des Werkzeugs. Höhere Festigkeit, Stempelradius und Abkantwangenbreite ergeben ein stärkeres Zurückfedern.

Das Zurückfedern kann durch Erhöhen der plastischen Verformung des Werkstoffs in der Biegung kompensiert werden. Dazu ist der Werkstoff stärker zu biegen oder der Stempelradius oder die Abkantwangenbreite zu reduzieren.



Energieaufnahme

Das Energieaufnahmevermögen der unterschiedlichen Sicherheitskomponenten in Fahrzeugen wird von der Festigkeit des Stahls beeinflusst. Das bedeutet, dass die Blechdicke bei axial belasteten Komponenten wie Seitenprofilen oder Türprofilen deutlich reduziert werden kann, wenn Docol UHS anstelle einer weichen Stahlgüte eingesetzt wird.

Als Daumenregel kann bei energieaufnehmenden Komponenten von einer Gewichtsreduzierung um 30 – 40% bei Einsatz von Docol 1000 DP und um 40 – 50% bei Einsatz von Docol 1400 M anstelle weichen Stahls ausgegangen werden.

Querschnittsgeometrie, Blechdicke und Festigkeit des Stahls sind die Faktoren, die das Energieaufnahmevermögen des Stahls beeinflussen.

Die mechanischen Eigenschaften des Stahls werden durch hohe Umformgeschwindigkeiten verbessert. Das bedeutet, dass die Energieaufnahme in einem tatsächlichen Unfallgeschehen höher ist.

Das Energieaufnahmevermögen einer Konstruktion kann mit Hilfe von FEM-Berechnungen abgeschätzt werden. Durch den Einsatz von Simulationen können verschiedene Werkstoffkombinationen und Geometrien bereits vor dem Bau eines Prototyps einfach ausprobiert werden.

Ein Verfahren zur Messung des Energieaufnahmevermögens von fertigen Türprofilen ist eine statische Dreipunkt-Biegeprüfung. Dabei wird die Kraft in Abhängigkeit von der Verformung bis zum Erreichen eines bestimmten Verformungsgrenzwerts gemessen, worüber dann die Energie berechnet werden kann.



Alterung

Docol UHS altert nicht.

Der Grund dafür ist die spezielle Struktur des Werkstoffs. Diese Stahlgüte besteht aus zwei Phasen, einer harten Phase (Martensit) und einer weichen Phase (Ferrit).

Der Härteunterschied zwischen diesen beiden Phasen verhindert bei einer Lagerung unter normalen Temperaturverhältnissen das Auftreten von normalen Alterungserscheinungen wie einer erhöhten Streckgrenze und der Rückbildung von Fließbereichen.

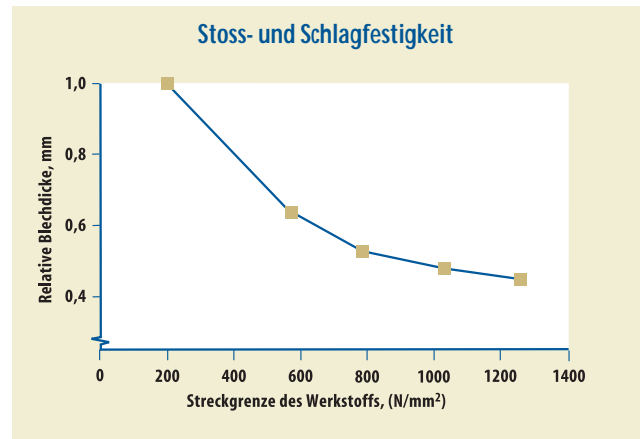


Stoß- und Schlagfestigkeit

Wenn große Blechflächen

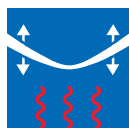
Stößen oder Schlägen ausgesetzt werden, ist die Gefahr von bleibenden Verformungen groß. Ein Autodach muss aber beispielsweise mäßige Stöße und Schläge ohne bleibende Verformungen aushalten. Die Stoß- und Schlagfestigkeit von großen Blechflächen wird hauptsächlich durch die Streckgrenze des Werkstoffs bestimmt. Die Abbildung zeigt, bei welcher relativen Werkstückdicke Docol UHS eine vergleichbare oder gleiche

Stoß- und Schlagfestigkeit wie ein weicherer Werkstoff (mit einer Streckgrenze von 220 N/mm^2) aufweist, d. h. das Diagramm gibt indirekt an, wie viel Werkstoff bei der Umstellung auf Docol UHS eingespart werden kann.



Das stärkere Zurückfedern von Docol UHS kann auch genutzt werden, um die Funktion eines Produkts zu verbessern. Diebstahlschutzkassetten für Computer bestehen aus Docol 1000 DP. Zusätzlich dazu, dass das Sägen von Docol UHS wesentlich schwieriger ist als bei weichem Stahl, erschwert das Zurückfedern des Stahls das Aufhebeln der Kassette deutlich. Die Kassette schlägt zurück wie eine Mausefalle.





Kaltverfestigung und Härten

Durch die

Ausnutzung des Kaltverfestigungs- und Warmhärtevermögens von Docol UHS kann eine deutliche Erhöhung der Streckgrenze erreicht werden.

Bei Docol UHS kann die Kaltverfestigung nach einer Dehnung des Stahls um 2% die Streckgrenzen um mehr als 100 N/mm² erhöhen. Die Kaltverfestigung hängt stark vom Umformungsgrad und von der Stahlgüte ab.

Bei Docol UHS hat der Grad der Vorumformung eine größere Bedeutung für die insgesamt erzielbare Erhöhung der Streckgrenze als die Wärmedauer und die Wärmetemperatur.

Eine Vorumformung von 10% erhöht bei Docol 800 DP die Streckgrenze um ungefähr 400 N/mm². Durch Warmhärten nach dem Aufwärmen auf 170 °C für 20 Minuten steigt die Streckgrenze ungefähr um weitere 30 N/mm² an.

Pressen und Lackieren

Bei jedem Pressen von Blechkomponenten, die anschließend lackiert werden sollen, können die Vorteile des Kaltverfestigungs- und Warmhärtevermögens von Docol UHS besonders gut genutzt werden.

Die Kaltverfestigung erfolgt beim Pressen und das Warmhärten beim Trocknen des Lacks, sofern dies bei erhöhter Temperatur durchgeführt wird.

Rohrherstellung und Profilwalzen

Rohrherstellung und andere Arten des Profilwalzens sind Beispiele, bei denen das gute Kaltverfestigungsvermögen von Docol UHS genutzt werden kann.

Bei diesen Verfahren erzeugt man eine gezielte Umformung des Werkstoffs, die zu einer Erhöhung der Streckgrenze und Zugfestigkeit des fertigen Teils führt.

Da die Größe der Umformung bekannt ist und überwacht wird, kann die Festigkeitserhöhung bereits bei der Dimensionierung des fertigen Teils berücksichtigt werden.

Wenn die fertigen Teile anschließend noch wärmebehandelt werden, beispielsweise

im Zusammenhang mit einer Oberflächenbehandlung, kann eine weitere Erhöhung erwartet werden.

Dimensionierung

Das Kaltverfestigungs- und Warmhärtevermögen kann bereits bei der statischen Dimensionierung voll berücksichtigt werden.

Selbst bei der Dimensionierung hinsichtlich einer Materialermüdung kann die Erhöhung der Streckgrenze in der Regel genutzt werden.

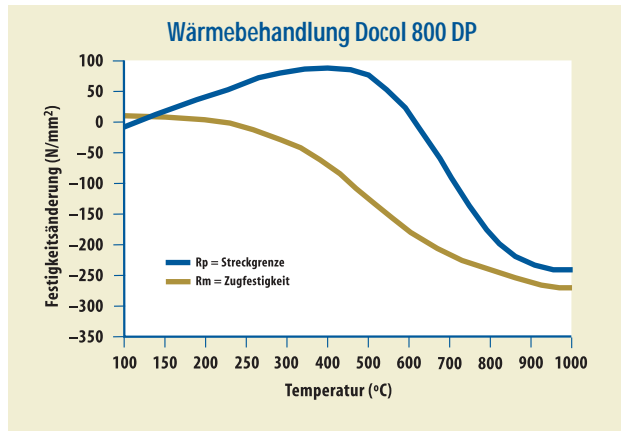
Ausgenommen hiervon sind nur Konstruktionen mit hohen Laständerungen, da die plastischen Verformungen dabei so groß werden können, dass ein so genanntes zyklisches Erweichen auftritt, das den Effekt von Kaltverfestigung und Warmhärten verringert oder ganz aufhebt.



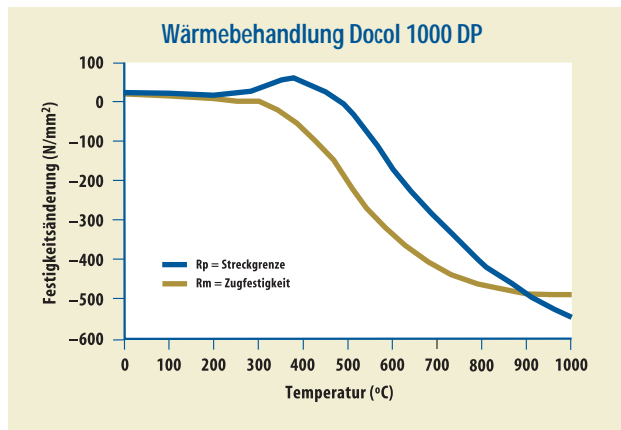
Wärmebehandlung
Docol 800 DP
und Docol 1000

DP können ohne Verschlechterung der Festigkeitseigenschaften bis zu 300 °C wärmebehandelt werden. Falls der Werkstoff über diese Temperatur hinaus aufgewärmt wird, sinkt die Festigkeit mit zunehmender Temperatur ab.

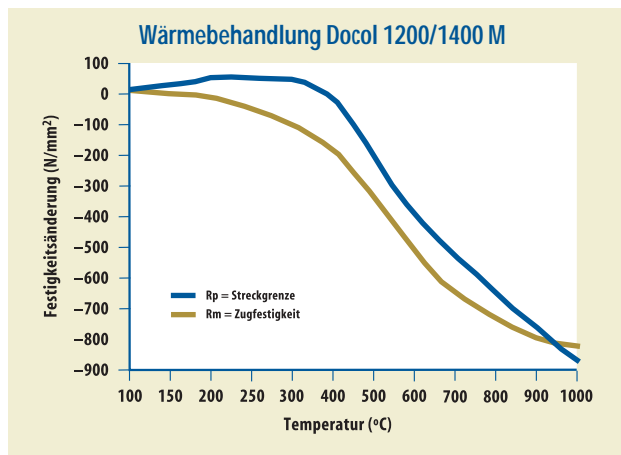
Docol 1200 M und Docol 1400 M können ohne Verschlechterung der Festigkeitseigenschaften bis zu 200 °C wärmebehandelt werden. Bei einer Erwärmung über 200 °C erfahren diese Stahlgüten eine größere Festigkeitsminderung als Docol 800 DP und Docol 1000 DP.



Das Diagramm zeigt die Änderung der Festigkeit von Docol 800 DP bei Erwärmung.



Das Diagramm zeigt die Änderung der Festigkeit von Docol 1000 DP bei Erwärmung.



Das Diagramm zeigt die Änderung der Festigkeit von Docol 1200 M und Docol 1400 M bei Erwärmung.



Ermüdung

Eine genaue
Analyse der
Ermüdungs-

lasten, d. h. der Form der Last und der Anzahl der Lastzyklen, zusammen mit *einer guten konstruktiven Formgebung*, beispielsweise mit Verbindungen mit geringen Kerbwirkungen, ist die Basis einer guten Werkstoffausnutzung von hochfestem Stahl.

Die Annahme des vollen Ermüdungslastkollektivs (einer konstanten Lastamplitude) resultiert in der Regel in einer deutlichen Überdimensionierung, da die Konstruktionen in der Praxis oft wechselnden Lastamplituden ausgesetzt sind (verringertes Ermüdungslastkollektiv) – je kleiner das Ermüdungslastkollektiv und je geringer die Anzahl der Lastzyklen, desto mehr lässt sich bei der Ausnutzung hochfester Stähle erreichen, auch bei geschweißten Konstruktionen.

Gute konstruktive Formgebung:

- Scheibenwirkung so weit wie möglich ausnützen
- Gleichmäßiger Kraftfluss durch die Konstruktion
- Keine starken Steifigkeitsveränderungen oder abrupten Querschnittsänderungen
- Ermüdung bei der Lasteinleitung beachten
- Schweißverbindungen richtig platzieren und gestalten
- Keine Anhäufung von Kerben zulassen
- Ausreichend gute Schweißnahtausführung (Kontrolle der tatsächlichen Produktion)

Bei Blechen mit geringer Blechdicke, beispielsweise aus

Docol UHS, kann eine gute konstruktive Formgebung auch folgendes bedeuten:

- Einsatz von Versteifungen (beispielsweise Rillen oder Kantenfalze) zum Verhindern des Ausbeulens und Verbesserung der Werkstoffausnutzung
- Einsatz von Versteifungen zum Verhindern der örtlichen Durchbiegung von Blechen beispielsweise bei Lasteinleitungen
- Erhöhung des Schweißlinsendurchmessers bei Punktschweißung und Verringerung des Abstands zwischen den Schweißpunkten, um die Spannungen in der Schweißverbindung zu reduzieren und damit die Ermüdungsfestigkeit der gesamten Konstruktion zu erhöhen
- Einsatz von Punktschweißen zusammen mit Klebeverbindungen (Weldbonding), um die Ermüdungsfestigkeit zu erhöhen
- Einsatz lasergeschweißter Verbindungen wegen der deutlich höheren Ermüdungsfestigkeit gegenüber Punktschweißverbindungen.



Schweißen von
Docol UHS

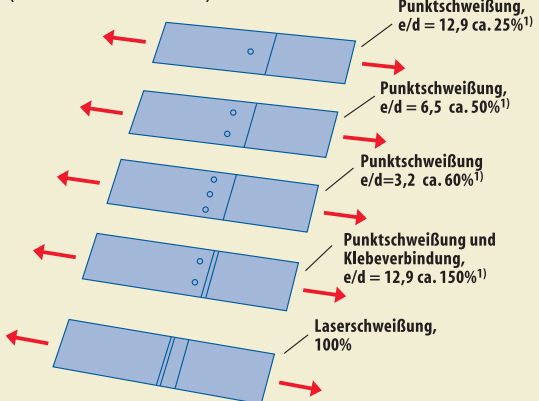
Docol UHS

wird aufgrund

seiner hohen Festigkeit häufig für Profile für den Seitenaufprallschutz und Verstärkungen in den Stoßfängern von Fahrzeugen eingesetzt. Diese Profile werden in der Regel an Bleche aus weichem Stahl angeschweißt (Schweißen „Hart gegen weich“). Mitunter kann Docol UHS auch an einen gleichartigen

Relative Ermüdungsgeschwindigkeit bei 1×10^6 Lastzyklen

(Breite des Prüfstabs: 80 mm)



d = Durchmesser der Schweißlinse

e = Schweißpunktteilung

¹⁾ = Ermüdungsfestigkeit angegeben als Prozentsatz der Ermüdungsfestigkeit einer kontinuierlich lasergeschweißten Verbindung

Stahl geschweißt werden (Schweißen „Hart gegen hart“), beispielsweise bei unterschiedlichen geschlossenen Profilen.

Docol UHS kann mit allen üblichen Schweißverfahren geschweißt werden

Docol UHS kann mit allen üblichen Schweißverfahren, beispielsweise mit dem Punktschweißverfahren, MAG-, Laser- und Hochfrequenzschweißverfahren geschweißt werden.

Die guten Schweißeigenschaften von Docol UHS sind auf seinen geringen Gehalt an Legierungselementen im Verhältnis zu seiner hohen Festigkeit zurückzuführen, wodurch die Gefahr von Rissen und anderen Defekten gering ist.

Punktschweißen

Punktschweißen ist eine Form des Widerstandsschweißens und das beim Schweißen von

hochfesten Stählen am häufigsten eingesetzte Schweißverfahren.

Damit ein Stahl für das Punktschweißen ausreichend geeignet ist, muss das zulässige Stromintervall ausreichend groß sein. Das Intervall muss mindestens 1 kA groß sein.

Das Punktschweißen von Docol UHS gegen weichen Stahl ist problemlos. Das zulässige Stromintervall ist groß und bei Zerreißprüfungen ergibt sich immer ein vollständiger Linsenbruch (d. h. bei der Zerreißprüfung wird aus einem Blech ein Stück herausgerissen). Die Festigkeit der Schweißverbindung entspricht derjenigen des weichen Stahls.

Beim Punktschweißen von Docol UHS gegen sich selbst (Schweißen „Hart gegen hart“) ist das zulässige Stromintervall ebenfalls groß. Bei den höchsten Docol UHS-Klassen erhält man bei der Zerreißprüfung nicht immer einen



Schweißteil aus Docol UHS

vollständigen Bruch. Der Bruch verläuft teilweise auch durch den Schweißpunkt, ein so genannter partieller Linsenbruch. Beispiele für gemessene Stromintervalle, die gute Punktschweißungen mit Docol UHS ergeben, sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Dabei sind jeweils die Ergebnisse für das Schweißen „Hart gegen weich“ und „Hart gegen hart“ angegeben. Die gemessenen Stromintervalle sind alle sehr groß, in allen Fällen größer als 2,0 kA.

Gemessene zulässige Stromintervalle beim Punktschweißen¹⁾ von Docol UHS

Stahl 1	Stahl 2	Werkstückdicke (Stahl 1/ Stahl 2) (mm)	Zulässiger Schweißstrom ¹⁾		Schweißwerte				Bemerkungen
			Intervall (kA)	min – max (kA)	Elektroden- durchmesser (mm)	Elektroden- kraft (N)	Schweiß- dauer (Perioden)	Haltezeit (Perioden)	
Docol 800 DP	Docol 800 DP	1.0/1.0	2.0	6.4 – 8.4	6	4000	12	10	Hart gegen hart
Docol 800 DP	Docol 220 DP	1.5/1.5	2.6	5.9 – 8.5	6	3500	15	10	Harte gegen weich
Docol 800 DP	Docol 800 DP	1.5/1.5	2.1	5.7 – 7.8	6	4000	20	10	Hart gegen hart
Docol 800 DP	DC01	2.0/2.0	3.4	9.9 – 13.3	9	6300	20	10	Harte gegen weich
Docol 800 DP	Docol 800 DP	2.0/2.0	3.0	7.8 – 10.8	9	6300	20	10	Hart gegen hart
Docol 1000 DP	DC01	0.8/0.8	2.5	5.2 – 7.7	5	3000	8	10	Harte gegen weich
Docol 1000 DP	Docol 1000 DP	0.8/0.8	3.0	4.7 – 7.7	5	3000	11	10	Hart gegen hart
Docol 1000 DP	Docol 1000 DP	1.5/1.5	2.2	5.8 – 8.0	6	4500	19	10	Hart gegen hart
Docol 1000 DP	Dogal 220 RP ²⁾	2.0/2.0	3.0	7.4 – 10.4	8	5600	19	10	Harte gegen weich
Docol 1000 DP	Docol 1000 DP	2.0/2.0	2.4	7.8 – 10.2	9	6300	20	10	Hart gegen hart
Docol 1200 M	DC01	1.5/1.5	2.7	9.4 – 12.1	8	5000	15	10	Harte gegen weich
Docol 1200 M	Docol 1200 M	1.5/1.5	2.5	6.2 – 8.7	6	4500	15	10	Hart gegen hart
Docol 1400 M	Docol 220 DP	1.5/1.5	2.5	7.5 – 10.0	8	3500	15	10	Harte gegen weich
Docol 1400 M	Docol 1400 M	1.5/1.5	3.2	8.6 – 11.8	8	6000	17	10	Hart gegen hart

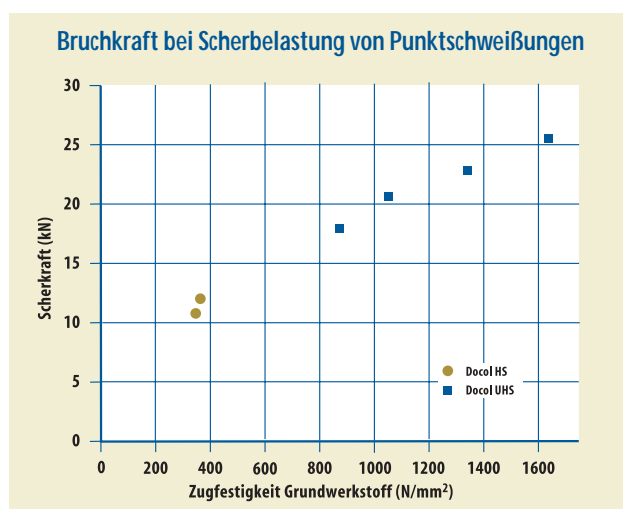
1) Min.-Wert: Strom bei einem Schweißlinsendurchmesser von 70% x Durchmesser der Elektroden spitze; höchsten Strom ohne Spritzer

2) Stahl Z140 verzinkt (10 µm).

3) Die Punktschweißungen wurden mit Einphasen-Wechselstrommaschinen durchgeführt. Die Messwerte beruhen auf einer Kreuzzugprüfung.

Bruchkraft bei der Abscherfestigkeitsprüfung von Punktschweißungen von Docol UHS im Vergleich zu anderen hochfesten Stählen.

Schweißlinsendurchmesser:
ca. 5,5 mm, Blechdicke: 1,5 – 1,6 mm



Festigkeit beim Punktschweißen

Die Abscherfestigkeit für Punktschweißungen bei Docol UHS ist höher als bei Stahl mit geringerer Festigkeit, wie das vorstehende Diagramm zeigt. Die verschiedenen Stähle wurden mit sich selbst verschweißt, es handelt sich also um ein Schweißen „Hart gegen hart“. Aus diesem Diagramm ist deutlich zu entnehmen, dass sich die Abscherfestigkeit der Punktschweißungen mit der Festigkeit des verschweißten Stahls erhöht. Die Zerreißfestigkeit ist bei Punktschweißungen geringer als die Abscherfestigkeit, weshalb Konstruktionen immer so zu gestalten sind, dass Punktschweißungen mit Schubbelastungen belastet werden.

Auf diese Art und Weise kann man auch die höhere Festigkeit von Docol UHS ausnutzen.

Empfohlene Schweißparameter beim Punktschweißen

Beim Punktschweißen von Docol UHS gegen weichen Stahl kann man in der Regel die gleichen Schweißparameter verwenden wie für den weichen Stahl. Die Elektrodenkraft sollte allerdings um 20 – 30% erhöht werden. Um ein gutes Schweißergebnis beim Schweißen von Docol UHS gegen sich selbst zu erhalten („Hart gegen hart“), sollte die Elektrodenkraft im Vergleich zum Schweißen von weichem Stahl um 40 – 50% und auch die Schweißdauer etwas erhöht werden.

Schmelzschweißen

Übliche Schmelzschweißverfahren, beispielsweise MAG-, TIG- oder Plasmaschweißen, ergeben bei Docol UHS in der Regel keine Probleme hinsichtlich Spritzern oder anderen Defekten, da der Stahl nur geringe Mengen an Legierungselementen enthält. Dies gilt sowohl beim Schweißen gegen einen weichen Stahl als auch beim Schweißen von Docol UHS gegen Docol UHS.

Beim Schweißen gegen einen weichen Stahl wird die Festigkeit der Schweißverbindung durch den weichen Stahl bestimmt.

Beim Schmelzschweißen von Docol UHS gegen sich selbst kann vorausgesetzt werden, dass die Festigkeit der Schweißverbindung deutlich höher ist als bei anderen hochfesten Stählen.

Im vorstehenden Diagramm sind die Ergebnisse eines MAG-Schweißversuchs von Docol UHS und anderen hochfesten Stählen aufgezeichnet. Hier wird deutlich, dass Docol UHS eine höhere Festigkeit aufweist als die anderen Stähle.

Die Festigkeit von Schweißverbindungen an Docol UHS erreicht jedoch nicht die Festigkeit des Grundwerkstoffs.

Die Ursache dafür sind die weichen Wärmeeinflusszonen

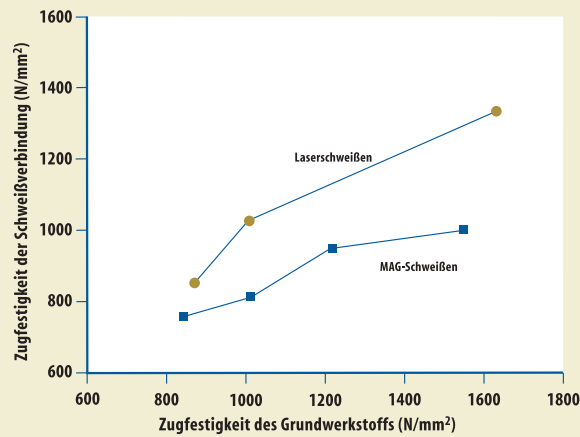
Beispiele für Schweißzusatzwerkstoffe für Docol UHS		
Hand-Metalllichtbogenschweißen (MMA)	Schutzgas-Metalllichtbogenschweißen (MAG) Massivdraht	Hersteller
OK 75.75	OK Autrod 13.13 OK Autrod 13.29 OK Autrod 13.31	ESAB
Filarc 118 P 110 MR Maxeta 110 Tenacito 80	Elgomatic 135	Filarc ELGA
	Carbofil NiMoCr Spoolcord TD-T90	Oerlikon

(WEZ) an der Schweißstelle, die die Festigkeit verringern (siehe Härtekurven in vorstehendem Diagramm). Die höchste Festigkeit ergibt sich bei Docol 1400 M, der auch die höchste Grundwerkstoff-Festigkeit aufweist.

Beim MAG-Schweißen von Docol UHS können die gleichen Schweißparameter verwendet werden wie bei weichem oder hochfestem Stahl.

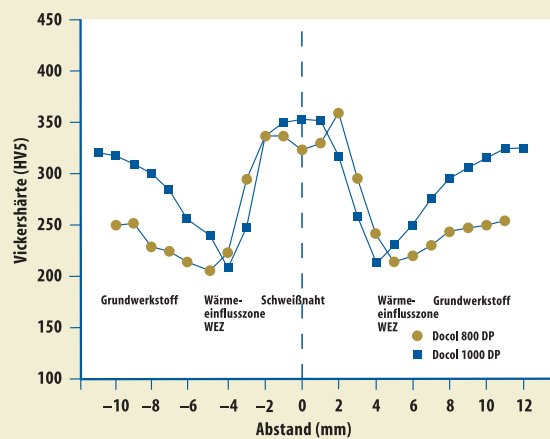
Falls die Festigkeit einer Schweißverbindung ein kritischer Faktor für eine Konstruktion ist, sollte die Streckenergie beim Schweißen so gering wie möglich gehalten werden, da eine niedrige Streckenergie zu einer etwas höheren Festigkeit führt.

Festigkeit von Schweißverbindungen



Festigkeit von Schweißverbindungen mit Docol UHS im Vergleich mit anderen hochfesten Docol-Stählen (zwei gleiche Stähle miteinander verschweißt, Belastung quer zur Schweißnaht, Aufwölbung entfernt). Schweißparameter: MAG, homogener passender Schweißdraht, eine Raupe, Mischgas, Streckenergie 0,11 – 0,17 kJ/mm.

Härtekurve für MAG-Geschweißten Docol UHS



Härtekurven für MAG-geschweißten Docol UHS (Docol 800 DP, $t = 2,0$ mm und Docol 1000 DP, $t = 2,0$ mm). Zwei gleiche Stähle stumpf aneinander geschweißt. Schweißparameter: Homogener passender Schweißdraht, eine Raupe, Mischgas, Streckenergie 0,16 kJ/mm.



Laserschweißen

Laserschweißen von Docol UHS ist sowohl gegen sich selbst als auch gegen weichen Stahl zulässig. Aus schweißtechnischer Sicht besteht kein Unterschied zwischen dem Laserschweißen von Docol UHS und dem Laserschweißen weichen Stahls. Ein Vorteil des Laserschweißens besteht darin, dass bei Docol UHS damit eine höhere Schweißnaht-Festigkeit erreicht werden kann als beim konventionellen MAG-Schweißen.

Beim Laserschweißen von Docol 800 DP und Docol 1000 DP kann eine Schweißnaht-Festigkeit erreicht werden, die der Festigkeit des Grundwerkstoffs entspricht. Nur bei Docol 1200 M und Docol 1400 M erreicht die Festigkeit der Schweißverbindung nicht die Festigkeit des Grundwerkstoffs.

Der Grund für die gegenüber dem MAG-Schweißen höhere Festigkeit der Schweißverbindung beim Laserschweißen ist die deutlich geringere Wärmemenge (Streckenergie) des Laserschweißens im Vergleich zum MAG-Schweißen, weshalb der Werkstoff weniger beeinflusst wird. Die nachstehende Kurve zeigt den Härteverlauf bei Docol 800 DP und Docol 1000 DP beim Laserschweißen. Aus den Härtekurven ist ersichtlich, dass die Laserschweißnaht schmaler ist und sich praktisch keine weichen Wärmeinflusszonen bilden. Dadurch ergibt sich beim Laserschweißen eine höhere Festigkeit der Schweißverbindung als beim MAG-Schweißen.

und wirtschaftliches Schweißverfahren beispielsweise beim Schweißen von Rohren durchgesetzt.

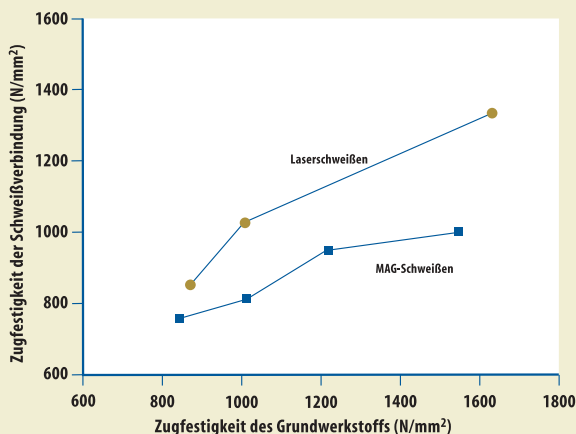
Der hochfrequente Strom bringt die Kanten des Blechs schnell auf eine hohe Temperatur. Sobald die Kanten mit hohem Druck zusammengepresst werden, wird der geschmolzene Werkstoff herausgedrückt und es ergibt sich eine haltbare Verbindung.

Hochfrequenzschweißen ist für das Schweißen von Docol UHS sehr gut geeignet. Die Festigkeit der Schweißverbindung hängt hauptsächlich von den in der Wärmeinflusszone erzielten Eigenschaften ab.

Hochfrequenzschweißen

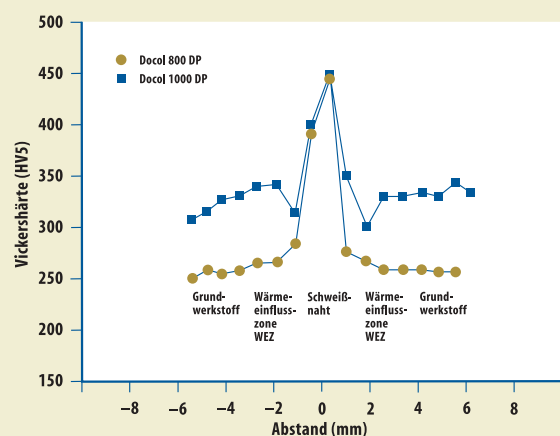
Das Hochfrequenzschweißen hat sich als weit verbreitetes

Festigkeit von Schweißverbindungen



Festigkeit von Schweißverbindungen mit Docol UHS. Vergleich zwischen Laser- und MAG-Schweißen (Stumpfnah, Blechdicke 1,5 – 2 mm, zwei gleiche Stähle miteinander verschweißt, Belastung quer zur Schweißnaht).

Härtekurve für lasergeschweißten Docol UHS



Härtekurve für lasergeschweißten Docol UHS (Docol 800 DP, Blechdicke $t = 1,0$ mm und Docol 1000 DP, Blechdicke $t = 2,0$ mm). Stumpfnah, kein Zusatzwerkstoff, Streckenergie 0,05 kJ/mm.



Sicherheitslamellen von Ansa Protection aus Docol 1000 DP wurden bei der Swedish Steel Price-Verleihung 1999 ausgezeichnet.



Oberflächen- behandlung

Docol UHS
kann genauso

gegen Korrosion geschützt werden wie weicher Stahl, durch Lackierung, galvanisches Verzinken oder mit anderen zink- oder aluminiumhaltigen Beschichtungen.

Beim galvanischen Verzinken muss die Anfälligkeit für Wasserstoffversprödung beachtet werden.

Umfassende Untersuchungen im Laboratoriums- und Vollmaßstab haben ergeben, dass Docol UHS ohne Gefahr des Auftretens einer Wasserstoffversprödung galvanisch ver-

zinkt werden kann. Allerdings kann die Empfindlichkeit dafür durch viele Faktoren beeinflusst werden und bei kritischen Komponenten, beispielsweise Sicherheitsteilen, empfehlen wir eine genaue Untersuchung in der geplanten Oberflächenbehandlungs-Anlage.

Eine Entfernung des Wasserstoffs nach dem galvanischen Verzinken (siehe auch schwedische Norm „Väteutdrivning efter elförzinkning“ SS-ISO 2081) ist hilfreich, um den Werkstoff weniger empfindlich gegen Wasserstoffversprödung zu machen.

Alternativ kann eine Oberflächenbehandlung eingesetzt werden, bei der kein Wasserstoff entsteht, beispielsweise Dacromet (Dacrolit) oder Delta MKS. Dadurch ist die Gefahr der Wasserstoffversprödung vollkommen ausgeschlossen. Diese Verfahren enthalten jedoch einen Härtungsschritt für die Oberflächenbehandlung, wobei die maximale empfohlene Wärmebehandlungstemperatur für die jeweilige Stahlgüte beachtet werden muss, damit der Stahl seine hohe Festigkeit beibehalten kann.

Werkzeugstahl

Werkzeugstähle zum Stanzen und Umformen von Docol UHS

Beim Umformen und Scheren von Blechteilen ist genau wie bei allen anderen industriellen Vorgängen ein störungsfreier Ablauf sehr wichtig. Die Kette von der Werkzeugkonstruktion bis zum Werkzeugunterhalt enthält viele verschiedene Schritte, siehe nachstehende Graphik.

Die richtige Umsetzung jedes einzelnen Schritts ist eine Voraussetzung für eine gute Produktivität und Wirtschaftlichkeit der Fertigung. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, den richtigen Werkzeugstahl für jeden einzelnen definierten Umform- oder Schneidvorgang zu wählen.

Um den richtigen Stahl auswählen zu können, müssen zunächst die Schadensmechanismen ermittelt werden, die beim Schneiden oder

Umformen auftreten können und die dazu führen können, dass das Werkzeug bereits nach kurzer Einsatzzeit unbrauchbar wird oder ausfällt.

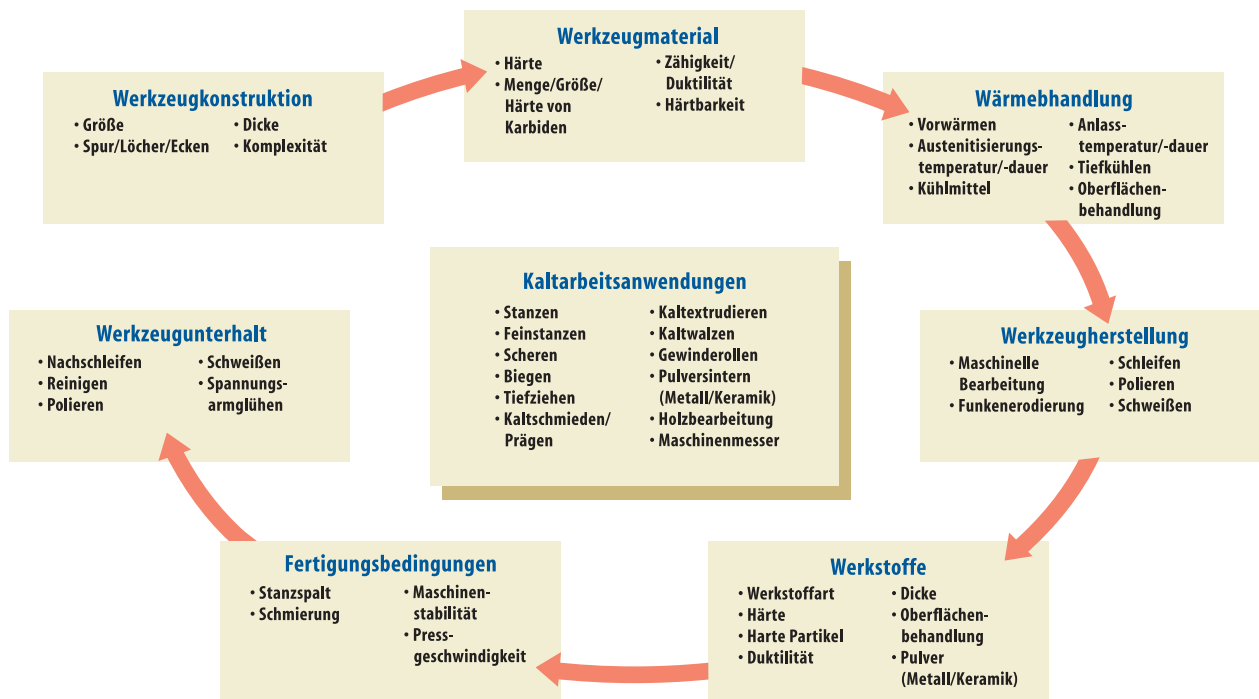
Es gibt grundsätzlich fünf Verschleißmechanismen, die an den aktiven Teilen des Werkzeugs auftreten können:

- **Verschleiß**, abrasiv oder adhäsiv, abhängig von Werkstoff, Art der Umformung und Reibungskräften bei reibendem Kontakt.
- **Plastische Verformung** entsteht bei ungünstigem Verhältnis zwischen Spannungen und Druckfestigkeit (Härte) des Werkzeug-Werkstoffs.
- **Grübchenbildung**. Kann bei ungünstigem Verhältnis zwischen Spannungen und Risszähigkeit des Werkzeug-Werkstoffs auftreten.

• **Rissbildung**. Kann bei ungünstigem Verhältnis zwischen Spannungen und Risszähigkeit des Werkzeug-Werkstoffs auftreten.

• **Adhäsion**. Kann bei ungünstigem Verhältnis zwischen Werkstoff und Reibungskräften bei reibendem Kontakt auftreten. Das Phänomen der Adhäsion funktioniert nach den gleichen Mechanismen wie der adhäsive Verschleiß.

Plastische Verformung, Grübchenbildung und Rissbildung sind Schäden, die häufig ernsthafte und kostenträchtige Produktionsstörungen verursachen. Verschleiß und Adhäsion sind eher voraussagbar und können zum großen Teil durch regelmäßigen Unterhalt des Werkzeugs verhindert werden. Eine Folge davon kann sein, dass es sinnvoll ist, mehr Verschleiß zuzulassen, anstatt



Relativer Widerstand gegen unterschiedliche Verschleißmechanismen								
Stahlgüte Werkzeug- stahl	Normen			Härte	Verschleißbeständigkeit		Widerstand gegen Werkstoffermüdung	
	SS	ISO	DIN	Plastische Verformung	Abrasiv	Adhäsiv	Rissbildung	Risswachstum
							Duktilität – Widerstand gegen Grübchenbildung	Zähigkeit – Widerstand gegen Versagen
Arne	2140	W.-Nr. 1.2510	AISI 01					
Calmax		W.-Nr. 1.2358						
Rigor	2260	W.-Nr. 1.2363	AISI 02					
Sleipner								
Sverker 21	2310	W.-Nr. 1.2379	AISI D2					
Sverker 3	2312	W.-Nr. 2436	AISI D6					
Vanadis 4								
Vanadis 23		W.-Nr. 1.3344	AISI M3.2					
Vanadis 6								
Vanadis 10								

Grübchenbildung und Rissbildung zu riskieren.

Das besondere beim Schneiden und Umformen von Docol UHS ist, dass bei einer gegebenen Blechdicke die erforderlichen Kräfte zunehmen, da die beim Umformen die Streckgrenze und beim Schneiden die Schubbruchgrenze überschritten werden müssen. Das bedeutet eine Erhöhung der Spannungen und damit auch eine Erhöhung der Anforderungen an die Verschleißbeständigkeit und Festigkeit des Werkzeugwerkstoffs. Der Schneidvorgang ist dabei besonders empfindlich, da eine Kombination

aus großer Verschleißbeständigkeit und großem Widerstand gegen Grübchenbildung und Werkzeugversagen erforderlich ist, während beim Umformen eher die Verschleißbeständigkeit wichtig ist.

Die oben stehende Tabelle zeigt einen relativen Vergleich zwischen verschiedenen Kaltarbeitsstählen von Uddeholm Tooling hinsichtlich ihres Widerstands gegen die unterschiedlichen Verschleißmechanismen.

In allen Fällen muss die Härte mindestens 58 HRC betragen, da andernfalls die Gefahr einer plastischen Verformung besteht.

Werkzeugstahlauswahl beim Schneiden von Docol UHS				
Höhere Blechdicke/ geometrische Komplexität				
				Komplizierte Geometrie
				Normale Geometrie
				Einfache Geometrie
	Docol 800 DP	Docol 1000 DP	Docol 1200 M	Docol 1400 M
Kleinserienfertigung:		Rigor Arne Calmax	Sleipner Rigor Arne Calmax	Arne
Großserienfertigung		Vanadis 10 Vanadis 23 Vanadis 6 Vanadis 5 Sverker 21 Sleipner	Vanadis 6 Vanadis 23 Vanadis 4	Vanadis 4

Sämtliche VANADIS-Stähle bieten im Vergleich zu den anderen Stählen eine gute Kombination aus Verschleißfestigkeit und Widerstand gegen Grübchenbildung. Der Grund dafür besteht darin, dass diese Stähle pulvermetallurgisch hergestellt werden, während die anderen konventionell legiert werden. Der Unterschied zwischen den Eigenschaften ist vor allem darauf zurückzuführen, dass bei der Pulvermetallurgie kleine und gleichmäßig verteilte Karbide erreicht werden, die gegen Verschleiß schützen. Da die Karbide nur klein sind, geht von ihnen nur eine geringe Gefahr als Ausgangspunkt von Ermüdungsrisse aus. Konventionelle Stähle mit guter Verschleißbeständigkeit haben hingegen große Karbide, die im Gefüge liegen und die mechanische Festigkeit verschlechtern.

Werkzeugstahlauswahl beim Schneiden von Docol UHS

Es ist schwierig, allgemeine Empfehlungen für die Auswahl des richtigen Werkzeugstahls für einzelne Produktionsbedingungen zu geben, da keine Fertigung der anderen genau gleicht. Es ist in jedem Fall besser, soweit möglich auf die Erfahrungen aus der eigenen Fertigung mit den gleichen Maschinen zu beziehen und die Auswahl des Werkzeugstahls schrittweise durch Vergleiche zwischen verschiedenen Stählen zu verbessern. Falls keine eigenen Erfahrungen vorhanden sind, kann das vorstehende Diagramm als Richtlinie genutzt werden.

Alle Werkzeugstähle in der Tabelle auf Seite 27 können für Docol UHS mit niedrigeren Festigkeitsklassen, dünneren Blechdicken oder einfacheren Werkstückgeometrien verwendet werden, für die höchsten Festigkeitsklassen eignen sich

aber nur wenige, hauptsächlich aufgrund des frühzeitigen Werkzeugversagens durch Grübchenbildung.

Bei der Werkzeugkonstruktion und der Werkzeugherstellung ist es besonders wichtig, scharfe Kanten und Radien, sowie schlecht bearbeitete Oberflächen zu vermeiden. Die großen auftretenden Spannungen im Zusammenhang mit der großen Härte des Werkzeugstahls erzeugen an derartigen Defekten Spannungskonzentrationen.

Werkzeugstahlauswahl beim Umformen von Docol UHS

Der begrenzende Versagensfaktor beim Umformen ist hauptsächlich der Verschleiß, vor allem der abrasive Verschleiß. Teilweise kommt aber auch dem adhäsiven Verschleiß eine Bedeutung zu, da bei der Umformung von Docol UHS hohe Reibungskräfte entstehen. Der pulvermetallurgische Stahl bietet die besten Werkstoffeigenschaften, aber für die Wahl eines Werkzeugstahls sind keine weiteren Informationen über die in der Tabelle der Verschleißmechanismen hinaus enthaltenen Angaben erforderlich. Der Umstand, dass ultrahochfester Stahl nicht so gut verformbar ist wie weiches Blech, bedeutet, dass die gefertigten Teile keine so engen Radien aufweisen können, was im Zusammenhang mit der Werkzeugwahl eher ein Vorteil ist.



Konstruieren mit Docol UHS

Docol UHS ist ein Stahl, der sich besonders durch seine außergewöhnlich hohe Festigkeit auszeichnet. Er erträgt starke Verformungen, bevor er nachgibt und sich plastisch verformt.

Diese Eigenschaft lässt sich in vielen Einsatzbereichen und Produkten als Vorteil nutzen.

Mit den neuen ultrahochfesten Werkstoffen besteht die Möglichkeit, Produkte mit noch besserer Leistung zu konstruieren und zu fertigen, sowohl hinsichtlich der Kosten als auch hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit.

Was muss bei der Konstruktion beachtet werden?

Die hohe Festigkeit von Docol UHS ermöglicht die Konstruktion von leichten Produkten mit geringen Werkstückdicken. Dabei ist aber immer zu beachten, dass die Eigenschaften des fertigen Produkts von der Kombination aus der geometrischen Form des Produkts und den Eigenschaften des Werkstoffs abhängen.

Wann können sie Vorteile aus Docol UHS ziehen?

Docol UHS ist für sie eine gute Wahl, wenn Sie folgende Ziele erreichen wollen:



Gewichtseinsparung: Unterschiedlichste Produkte, auch „einfach“ wirkende, können in vielen Fällen mit Docol UHS leichter und wirtschaftlicher gestaltet werden. Ein wesentlich dünnerer Werkstoff reicht oft aus, um die gleichen Lasten aufzunehmen wie konventioneller Stahl.



Hohe Energieaufnahme, beispielsweise für Aufprallschutzkomponenten in Fahrzeugen. Durch seine hohe Festigkeit kann Docol UHS bei der Verformung wesentlich größere Energiemengen aufnehmen.



Beständigkeit gegen Schlag und Stoß. Hierbei kommt der hohen Streckgrenze die wichtigste Bedeutung zu. Docol UHS kann stark elastisch verformt werden, bevor bleibende Zeichen und Formveränderungen auftreten. Dadurch eignet sich Docol UHS besonders für Produkte, die raue Behandlung vertragen müssen oder für Teile, die sich an besonders exponierten Stellen befinden.



Federnde und unterschiedliche elastische Funktionen. Federnde Funktionen können durch das starke Zurückfedern von Docol UHS direkt in die Produkte eingebaut werden.



Geringere lokale Belastung. Docol UHS kann eingesetzt werden, um Produkte herzustellen, die elastischer sind und dadurch eine höhere Lebensdauer erreichen. Eine elastische Struktur kann ungünstige Kraftflüsse besser ausgleichen als eine steife.



Hohe Verschleißfestigkeit. Docol UHS bietet großen Widerstand gegen Abrieb. Aus diesem Grund ist er der ideale Werkstoff für alle Produkte, die starker Abnutzung ausgesetzt sind.



Robuste Produkte mit extremen Festigkeitsanforderungen.

Das Aufnahmevermögen für Lasten und die Biegesteifigkeit von beispielsweise Streben und Profilen wird stark von der Querschnittshöhe und den Versteifungen bestimmt. Versteifungen wie Rillen und Kantenfalze werden bei großen und dünnen Blechflächen verwendet, um die Buckelanfälligkeit zu verringern, ergeben eine zusätzliche Steifigkeit und ermöglichen die vollständige Ausnutzung des Werkstoffs.

Versteifungen sind besonders bei der Formgebung von energieaufnehmenden Komponenten wie beispielsweise Seitenaufprallschutzprofilen wichtig, bei denen die Buckelbildung auch beim Fließen des Werkstoffs vermieden werden soll.

Rillen und Versteifungen können in Teile aus Docol UHS direkt eingepresst werden. Der Werkstoff bietet angesichts seiner hohen Festigkeit ein gutes Pressverhalten. Dabei

ist nur zu beachten, dass die Kantenradien ausreichend sind und nur mäßig tiefgezogen wird.

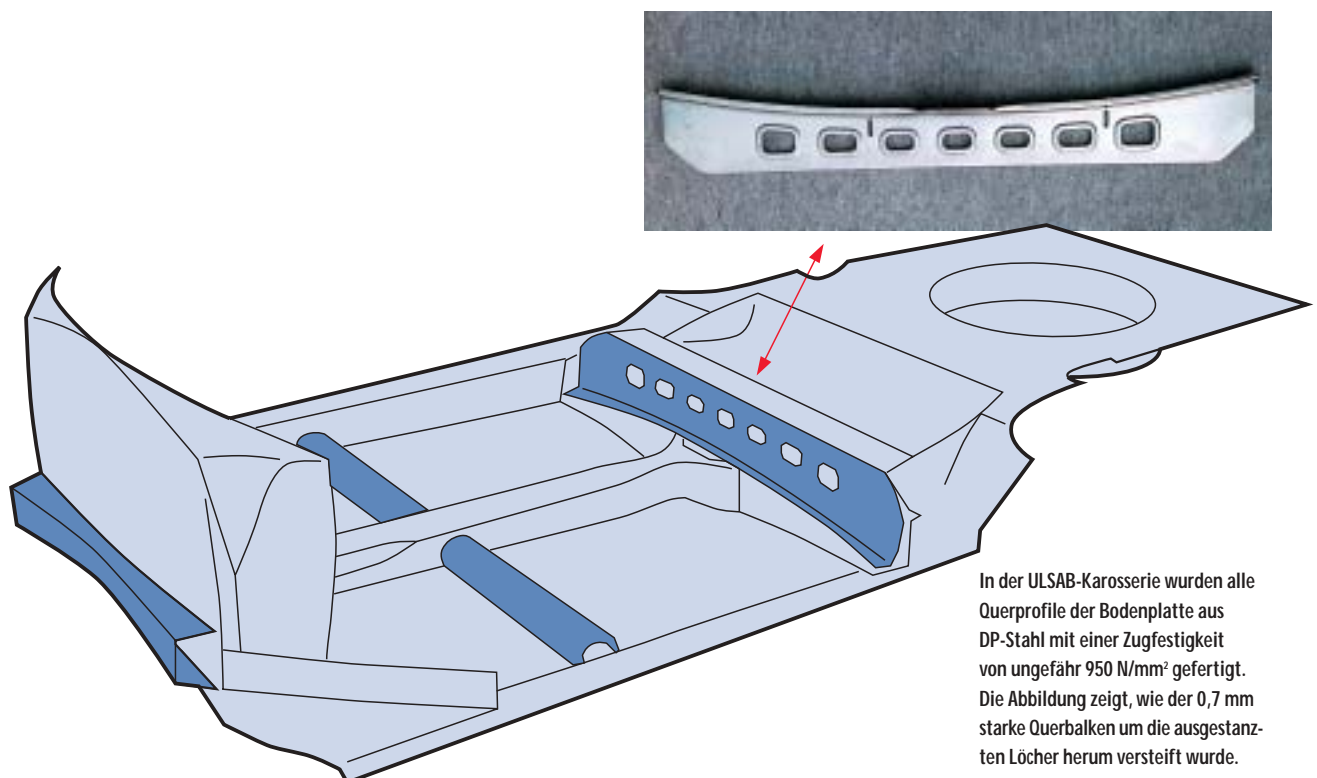
Profilwalzen eignet sich besonders für die Fertigung von Profilen in großen Stückzahlen. Beim Profilwalzen können Rillen und Kantenfalze direkt bei der Fertigung in geeigneten Bereichen vorgesehen werden. Der Werkstoff kann durch seine hohe Streckgrenze mit weniger Schritten in Profilwalzen geformt werden, ohne dass Restspannungen vorhanden bleiben.

Bei der Formgebung von Komponenten aus Docol UHS muss immer so konstruiert werden, dass das Zurückfedern bei der Fertigung ausreichend kompensiert werden kann. Dies ist auch bei der Konstruktion von Formwerkzeugen zu beachten.

Die Ausnutzung der Scheibewirkung bei Blechkonstruktionen bedeutet eine bessere



Ausnutzung des Werkstoffs.
Bei der Konstruktion ist soweit irgend möglich zu vermeiden, dass Konstruktionsteile aus Blech wie Platten mit lokaler Biegung und dadurch erzeugten hohen Biegespannungen wirken.



In der ULSAB-Karosserie wurden alle Querprofile der Bodenplatte aus DP-Stahl mit einer Zugfestigkeit von ungefähr 950 N/mm² gefertigt. Die Abbildung zeigt, wie der 0,7 mm starke Querbalken um die ausgestanzten Löcher herum versteift wurde.

Wir unterstützen Sie bei der Nutzung der Vorteile des ultrahochfesten Stahls

Wenn eine Umstellung auf Docol UHS geplant ist, sollten Werkstoffauswahl, Konstruktion und Produktion bereits von Anfang an zusammenarbeiten. Dadurch können Produkt und Produktion sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht optimiert werden.

Bei SSAB Swedish Steel arbeiten viele Fachleute mit langjähriger praktischer Erfahrung mit ultrahochfestem Stahl. Alle diese Fachleute stehen unseren Kunden zur Verfügung:

Unsere Experten im Technischen Kundendienst verfügen über umfangreiche Erfahrungen in den Bereichen Werkstoffkunde und Engineering für die Produktion. Sie erhalten umgehend Antwort auf technische Fragen unter der Telefonnummer: +46 (0)243-72929 oder per E-Mail unter: teknisk.kundservice@ssab.com

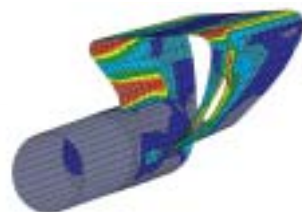
Unsere Experten für Anwendungstechnik bieten Ihnen Spitzen-Know-how aus den Bereichen Korrosion,

Lackieren, Dimensionierung, Umformung, Fügetechnik und Oberflächenbehandlung.

Nutzen Sie unsere modernen Analysewerkzeuge

Wir setzen modernste Software-Tools ein, um unsere Kunden schnell bei der Auswahl der richtigen Stahlgüte und der richtigen Formgebung zu unterstützen, beispielsweise:

FEM, die Finite-Element-Methode-, die sich für die Simulation aller Schritte in der Entwicklung eines Bauteils eignet, zum Beispiel für die Auswahl der Stahlgüte, der Form des Ausgangsmaterials-, des Fertigungsverfahrens und der Konstruktion des Werkstücks. FEM kann auch eingesetzt werden, um die Energieaufnahme eines Bauteils bei einem Aufprall zu berechnen. Auf Computern können mögliche Varianten für Werkzeuggestaltung, Radien, Konstruktion, Dicke und Stahlgüte simuliert werden, um die optimale Lösung zu finden.



Die FEM-Analyse zeigt, dass die Beanspruchungen des Werkstoffs an mehreren Punkten zu hoch sind.



Nach wenigen relativ einfachen Änderungen an der Konstruktion und der geplanten Produktion zeigt die Analyse, dass die abgebildete Halterung für eine Anhängerkupplung alle Anforderungen erfüllt.

ASAME ist ein Verfahren, mit dem wir schnell überprüfen können, ob unsere Kunden die richtige Kombination aus Stahlgüte und Konstruktion gewählt haben. ASAME misst die Spannungsverteilung in gepressten Formteilen.

Alle Informationen werden in einem leistungsfähigen Computerprogramm ver-



arbeitet, das direkt Angaben zum Einfluss von Werkzeug, Fertigungsverfahren und Umformung auf den Werkstoff ausgibt. ASAME erlaubt sehr detaillierte Analysen von komplizierten Umformvorgängen.

Kurse und Seminare

SSAB Swedish Steel veranstaltet regelmäßig Kurse und Seminare über die beste Nutzung der vielfältigen Möglichkeiten hochfester Stähle, beispielsweise:

- Feinblechkurse, in denen grundlegende Kenntnisse über die Stahlherstellung und die Eigenschaften und Einsatzgebiete der verschiedenen Stahlsorten weitergegeben werden.
- verschiedene Seminare vermitteln weitergehende Kenntnisse über Dimensionierung, Konstruktion, Bearbeitung, Umformen und Fügen von hochfesten Stählen.
- Speziell an den Kundenbedarf angepasste Seminare für einzelne Unternehmen.

Handbücher

Weiterführende Informationen über die vielfältigen Möglichkeiten unserer Domex-Produkte finden Sie auch in unseren Handbüchern:

- Das Blechhandbuch bietet Anweisungen für Dimensionierung und Konstruktion sowie fertigungstechnische Hinweise, insbesondere für hochfeste Kaltumformstähle.
- Das Umformhandbuch ist eine Weiterentwicklung des Fertigungskapitels aus dem Blechhandbuch und enthält weitergehende Informationen über die plastische Umformung und scherende Bearbeitung von Kaltumformstählen.
- Das Fügehandbuch stellt unterschiedliche Verfahren zum Schweißen, mechanischen Fügen und Kleben vor.

Probebleche

Wenn Sie untersuchen möchten, wie eine neue Stahlsorte in Ihrer Fertigung oder für ein geplantes Produkt funktioniert, bestellen Sie Probebleche aus unserem Probeblechlager.

Produktinformationen

Weitere Informationen über alle unsere hochfesten Stahlgüten und über deren Einsatzbereiche und Bearbeitungsmöglichkeiten finden Sie in unseren Broschüren.

Zertifizierungen

SSAB Swedish Steel ist gemäß ISO 14001 umweltzertifiziert und gemäß ISO 9002, QS 9000 und ISO/TS 16949 qualitätszertifiziert.

Besuchen Sie uns auch im Internet!

www.ssab.de
www.ssabtunnplat.com
www.businesssteel.com
www.steelprize.com



Wichtige Hinweise

- Der Einsatz von Docol UHS macht nur in seltenen Fällen Investitionen in neue Maschinen erforderlich. In den allermeisten Fällen reicht eine neue Einrichtung der Maschinen aus.

- Bei der fertigungstechnischen Bearbeitung bestehen keine großen Unterschiede zwischen Docol UHS und weichem Stahl. Folgende Punkte sind trotzdem zu beachten:

- *Der Werkzeugverschleiß erhöht sich bei der Bearbeitung von Docol UHS. Der Verschleiß kann durch bessere Schmierung und eine höhere Werkzeugstahl-Qualität reduziert werden.*

- *Das Zurückfedern ist stärker als bei weichem Stahl. Beim Biegen lässt sich dies durch ein stärkeres Überbiegen oder durch Reduktion von Stempelradius oder Abkantwangenbreite kompensieren. Beim Pressen kann das Zurückfedern durch Überkrönen des Stempels oder eine höhere Niederhalterkraft kompensiert werden.*

- *Docol UHS bietet nicht die gleiche gute Verformbarkeit wie weicher Stahl. Dieser Nachteil lässt sich meist durch größere Radien, verringerte Reibung und Anpassung der Pressparameter ausgleichen.*

- *Punktschweißen von Docol UHS gegen sich selbst ist problemlos. Die Schweißparameter (Elektrodenkraft/Schweißdauer) müssen jedoch im Vergleich zu weichem Stahl verändert werden. Die mechanischen Eigenschaften der Schweißverbindung sind gut, aber es ist mitunter schwierig, den Durchmesser der Schweißlinse auf herkömmliche Art und Weise zu messen.*

- Der Elastizitätsmodul von Docol UHS und weichem Stahl ist gleich, wodurch sich die Steifigkeit verringert, wenn die Werkstückdicke reduziert wird. Falls eine erhöhte Durchbiegung nicht akzeptabel ist, kann der Steifigkeitsverlust durch eine Änderung des Teilequerschnitts kompensiert werden. Ebene Blechplatten können durch Rillen zusätzlich versteift werden.

- In Balken und Profilen mit einer Breite von mehr als dem Zwanzigfachen der Blechdicke können sich Buckel bilden. Buckelbildung bedeutet, dass das Blech bei Einleitung einer Drucklast eine Beule ausbildet. Bei Entlastung verschwinden diese Beulen wieder.

- Eine Wärmebehandlung von Docol UHS oberhalb der Anlasstemperatur führt zu einer Verringerung der

Festigkeit, die mit steigender Temperatur zunimmt. Bei Oberflächenbehandlungen, die einen Härteschritt vorsehen, wie beispielsweise Dacromet oder Delta MKS, müssen die maximal empfohlenen Wärmebehandlungstemperaturen beachtet werden, damit der Stahl seine hohe Festigkeit behält.

- Beim Einsatz von Docol UHS in auf Werkstoffermüdung belasteten Produkten, besonders bei geschweißten Konstruktionen, ist Vorsicht geboten. In diesen Fällen müssen die Schweißnähte unbedingt richtig platziert werden. Schweißnähte dürfen nicht in stark belasteten Bereichen vorgesehen werden.

Umwelt und Recycling

Stahl gehört zu den am meisten recycelten Werkstoffen. Die Weltproduktion von Stahl besteht fast zur Hälfte aus wiedereingeschmolzenem Stahl.

SSAB Swedish Steel liefert Docol UHS bereits an Kunden mit hohen Umweltanforderungen und an Unternehmen, die an der Zertifizierung ihres Umweltmanagements arbeiten.

Die Produkte von heute sollen morgen zu neuen Produkten werden können. Der Schlüssel dazu ist eine recyclinggerechte Konstruktion. Dies umfasst die richtige Auswahl von Werkstoff, Fertigungsverfahren, Oberflächenbehandlungen und Fügeverfahren, die sowohl die heutigen als auch die zukünftigen

Anforderungen an Rückgewinnung und verringerten Werkstoffumschlag erfüllen.

Umweltvorteile des Stahls

Stahl ist magnetisch und lässt sich dadurch einfach aussortieren. Stahl enthält immer recycelten Werkstoff. Stahl ist zu 100% rückgewinnbar.

Eine Infrastruktur für das Sammeln und Rückgewinnen von Stahlschrott besteht bereits seit langer Zeit und arbeitet wirtschaftlich. Ungefähr 90% des gesamten Automobilschrotts werden rückgewonnen. Sowohl die Neuproduktion von Stahl als auch seine Rückgewinnung benötigen weniger Energie als die Herstellung konkurrierender Werkstoffe.



SSAB Tunnpåt AB ist der größte Stahlblechhersteller Skandinaviens und in Europa führend bei modernen hochfesten Stählen.

SSAB Tunnpåt AB, ein Unternehmen des Konzerns SSAB Swedish Steel, erwirtschaftet einen Jahresumsatz von 10 Milliarden schwedischen Kronen und beschäftigt ungefähr 4400 Mitarbeiter in Schweden. Unsere Produktionskapazität beträgt annähernd 2,8 Millionen Tonnen pro Jahr.

Unser Unternehmen verfolgt eine Umweltpolitik, die eine kontinuierliche Verbesserung aller Verfahren und Umweltanlagen, sowie die Entwicklung der Umwelteigenschaften der Produkte über die gesamte Lebensdauer hinweg betrachtet, vorsieht.

Wir stellen in modernen und hocheffektiven Produktionslinien und Walzwerken folgende Produkte her:

DOMEX[®]

Warmgewalztes Bandblech

DOCOL[®]

Kaltgewalztes Feiblech

DOGAL[®]

Feuerverzinktes Feiblech

Unsere Kunden unterstützen wir bei der Auswahl der Stahlsorte, die ihre Wettbewerbsfähigkeit am stärksten erhöhen kann. Unsere Stärke ist die Qualität unserer Produkte, die Liefertreue und ein flexibler technischer Kundendienst.

ssabtunnplat.com

Deutschland

SSAB Swedish Steel GmbH
Tel +49 211 91 25-0
Tel +49 711 6 87 84-0
ssab.de
kontakt@ssab.com

Sweden

SSAB Tunnpåt AB
SE-781 84 Bortlänge
Tel +46 243 700 00
Fax +46 243 720 00
office@ssabtunnplat.com
ssabtunnplat.com

Dänemark

SSAB Svensk Stål A/S
Tel +45 4320 5000
ssab.dk

Finnland

OY SSAB Svenskt Stål AB
Tel +358 9 686 6030
ssab.fi

Frankreich

SSAB Swedish Steel SA
Tel +33 1 55 61 91 00
ssab.fr

Großbritannien

SSAB Swedish Steel Ltd
Tel +44 1905 795794
swedishsteel.co.uk

Italien

SSAB Swedish Steel S.p.A.
Tel +39 030 90 58 811
ssab.it

Niederlande

SSAB Swedish Steel BV
Tel +31 24 67 90 550
ssab.nl

Norwegen

SSAB Svensk Stål A/S
Tel +47 23 11 85 80
ssab.no

Polen

SSAB Swedish Steel Sp.z o.o.
Tel +48 602 72 59 85

Portugal

SSAB Swedish Steel
Tel +351 256 371 610
ssab.pt

Spanien

SSAB Swedish Steel SL
Tel +34 91 300 5422
ssab.es

USA

SSAB Swedish Steel Inc.
Tel +1 412 269 21 20
swedishsteel.us

Süd Afrika

SSAB Swedish Steel Pty Ltd
Tel +27 11 827 0311
swedishsteel.co.za

China

SSAB Swedish Steel
Tel +86 10 6466 3441
swedishsteel.cn

Korea

SSAB Swedish Steel Ltd
Tel +822 761 6172

