

A background image showing a person in a snowy, mountainous landscape. The person is wearing a dark jacket and is holding a long, thin object, possibly a ski or a pole, which is partially buried in the snow. The sky is blue with some clouds. The overall scene is bright and cold.

**Docol®**

## Docol UHS – Koudgewalst Ultra Hoog Sterktestaal

**Licht – Sterk – Vervormbaar**

**SSAB**  
SWEDISH STEEL





Docol UHS – de koudgewalste hoogsterkte stalen van SSAB Tunnpåt – hebben een gegarandeerde minimum treksterkte tussen de 800 N/mm<sup>2</sup> en 1400 N/mm<sup>2</sup>, en vloeigrenzen boven de 550 N/mm<sup>2</sup>. Docol UHS-stalen bieden vele concurrerende voordelen.

Door de hoge vloeigrens van Docol UHS-staal kunt u de plaatdikte van uw product beperken, en tegelijkertijd uw materiaalkosten verlagen. De sterkte is een belangrijke eigenschap van staal – een eigenschap waarvoor u ook betaalt bij de aankoop ervan. Daarom zou u eens moeten berekenen hoeveel u betaalt per N/mm<sup>2</sup> in plaats van enkel de prijs per kilogram. Hoe hoger de gekozen vloeigrens, hoe lager de kosten per N/mm<sup>2</sup>. Dus als u kiest voor Docol UHS-staal, koopt u een veel hogere vloeigrens tegen lagere kosten.

De grote sterkte van Docol UHS-staal biedt de mogelijkheid tot enorme gewichtsbesparingen, en dat biedt weer grote milieuvoordelen, zowel tijdens de vervaardiging van het staal als tijdens de levensduur van het eindproduct.

## INHOUDSOPGAVE

- 2–3 **Docol UHS verlegt de grenzen van sterkte, gewichtsreductie en milieuvoordelen**
- 4–5 **Unieke mogelijkheden door unieke eigenschappen**
- 6–7 **Geavanceerd staal voor legio toepassingen**
- 8–9 **Docol UHS – klassen en afmetingen**
- 10–25 **Technische eigenschappen**  
Knippen en ponsen, lasersnijden, vormen, energieabsorptie, veroudering, schokbestendigheid, koudversteving en bakehardening, warmtebehandeling, vermoeiing, lassen, oppervlakbehandeling
- 26–29 **Gereedschapsstaal**
- 30–31 **Docol UHS in uw ontwerp**
- 32–33 **Wij zijn u graag van dienst bij het benutten van de voordelen van ultra hoogsterkte staal**
- 34 **Belangrijk om te weten**
- 35 **Het milieu en recyclen**

## Unieke mogelijkheden door unieke eigenschappen

Het Docol koudgewalst hoogsterkte staal verkrijgt zijn unieke eigenschappen in de continugloeilijn van SSAB Tunn-plåt. Het staal wordt, afhankelijk van de staalklasse, gegloeid bij een temperatuur tussen de 750 °C en 850 °C en wordt vervolgens uitgehard door onderdompeling in water.

Het volgende stadium is het ontlaten, waarbij het staal wordt verwarmd tot 200–400 °C. Hier krijgt het staal zijn uiteindelijke structuur en aan dit proces dankt het ook zijn taaiheid en goede vervormbaarheid. Door deze unieke gloeiprocedure ontstaat de ontlate martensitische structuur die verantwoordelijk is voor de grote sterkte van het staal.

Zowel het gloeien als het ontlaten worden uitgevoerd in een inerte atmosfeer, zodat het staal niet oxideert. De staalband loopt tussen het blussen en ontlaten door een beitsbad, waardoor de dunne oxidehuid die tijdens het onderdompelen ontstaat, wordt verwijderd.

### Microstructuur van het staal

De microstructuur van het staal bestaat uit een harde fase, het martensiet, en een zachte fase, het ferriet.

De sterkte van het staal neemt toe naarmate er meer van de harde martensitische fase aanwezig is.

Het aandeel martensiet wordt bepaald door het koolstofgehalte van het staal en de temperatuursyclus waaraan het staal tijdens het doorlopende gloeiproces wordt blootgesteld.

### Zuiver materiaal met goede eigenschappen

Dankzij het snelle koelproces met water zijn er slechts zeer kleine hoeveelheden legeringselementen nodig voor het produceren van Docol UHS-staal. Het toevoegen van kleine hoeveelheden koolstof, silicium en mangaan volstaat om de vereiste hardbaarheid te verkrijgen.

Het resulterende staal is uitstekend te lassen en heeft constante mechanische eigenschappen. Docol UHS-staal

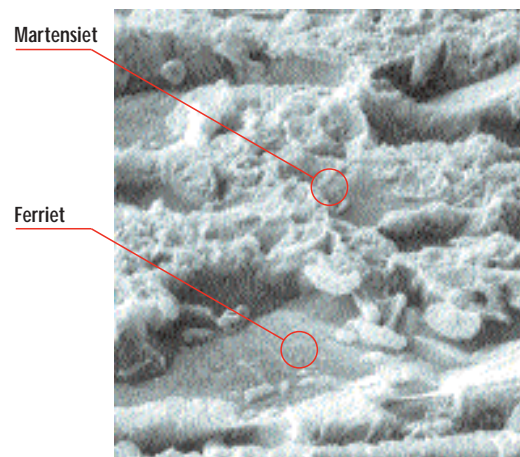
kan met traditionele methoden worden gesneden, gevormd en gelast.

### Geschied voor doorstroomproductie

Docol UHS-staal is geschikt voor gebruik bij moderne doorstroomproductie, waarbij delen kunnen worden bewerkt in een ononderbroken stroom, zonder pauzes voor warmtebehandeling. Het gebruik van Docol UHS-staal in doorstroomproductie kan de kosten van handling en de energiekosten voor verwarming verlagen, de efficiëntie verbeteren en de doorlooptijd verkorten. Omdat Docol UHS-staal al gehard en ontlaat is voordat het wordt geleverd, hoeft het niet meer warmtebehandeld te worden en kan het dus als vervanging dienen voor staal met een hoog koolstofgehalte.

### Goede vervormbaarheid

Ondanks zijn hoge sterkte heeft Docol UHS-staal een goede vervormbaarheid en kan het met traditionele processen worden vervormd. Docol UHS-staal wordt in veel gevallen gebruikt om gewicht te besparen doordat het dikker materiaal met lagere sterktes kan vervangen. In dergelijke gevallen kan Docol UHS-staal vaak op dezelfde manier worden verwerkt als het vervangen materiaal, aangezien de dikte een van de factoren is die de krachten voor persen, buigen en knippen bepaalt. Docol UHS-staal is uitstekend geschikt voor rolvormen. Zo worden er onder meer autobumpers geproduceerd van Docol 1400 DP-staal.



Structuurbeeld van Docol 800 DP-staal, genomen door een aftastingselektro-nenmicroscop (X 500). In het structuurbeeld zijn de fasen van het martensiet en ferriet te zien.





### Beter voor het milieu

Het gebruik van Docol UHS-staal biedt veel milieuvoordelen. Indien het gewicht van een product wordt verlaagd, is er minder materiaal nodig en wordt er tijdens de productie energie bespaard. Er is ook minder energie benodigd voor het transport van het staal. Als Docol UHS-staal wordt gebruikt om het gewicht van een voertuig te verlagen, worden daarmee tevens het energieverbruik en de uitstoot van het voertuig verminderd.

Docol UHS-staal wordt tijdens de productie gehard. Hierdoor vervallen de kosten van warmtebehandeling en de

daarmee gepaard gaande milieurisico's. Bovendien kan staal volledig in bestaande systemen worden gerecycled.

### Veel toepassingen

Door zijn grote sterkte is Docol UHS-staal geschikt voor velerlei toepassingen in de automobielindustrie, met name voor veiligheidsonderdelen. In de automobielindustrie wordt Docol UHS-staal gebruikt voor componenten zoals veiligheidsbalken in portieren, bumpers, zittingen en andere delen waarvoor de grootst mogelijke sterkte, het laagst mogelijke gewicht en een hoog energieabsorptiever-

mogen nodig is. Docol UHS-staal wordt ook gebruikt in toepassingen waarin een hoge schok- en slijtbestendigheid nodig zijn, zoals voor het diefstalbestendig maken van computerkoffers en voor lopende banden. Zie het volgende overzicht voor meer toepassingsvoorbeelden.

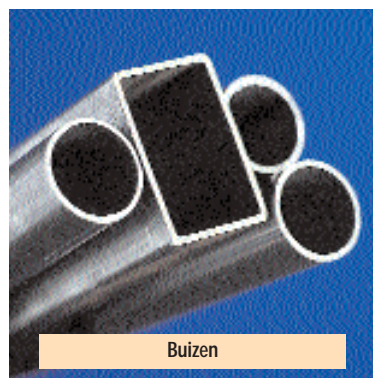


## Geavanceerd staal voor legio toe- passingen

Docol UHS-staal is technisch hoogwaardig staal met geavanceerde eigenschappen. Het gebruik van Docol UHS-staal is echter niet beperkt tot geavanceerde toepassingen. Integendeel, u kunt Docol UHS-staal zelfs voor uw eenvoudigste producten gebruiken. Overstappen naar Docol UHS-staal is eenvoudig, omdat het op dezelfde manier kan worden vervormd en bewerkt als het materiaal dat u nu gebruikt, met dezelfde processen en dezelfde apparatuur.

Met Docol UHS-staal kunt u besparen op materiaal- en productiekosten, terwijl u een lichter en sterker product verkrijgt dat ook nog beter is voor het milieu.

In de volgende afbeeldingen ziet u voorbeelden van het gebruik van Docol UHS-staal voor eenvoudige en geavanceerde onderdelen. Maar waarschijnlijk hebt u de beste voorbeelden al dichterbij huis.



Buizen



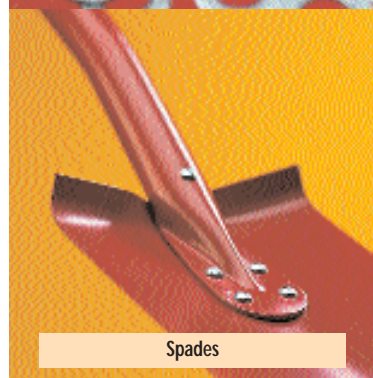
Transportkooien



Afdichtringen



Slangklemmen



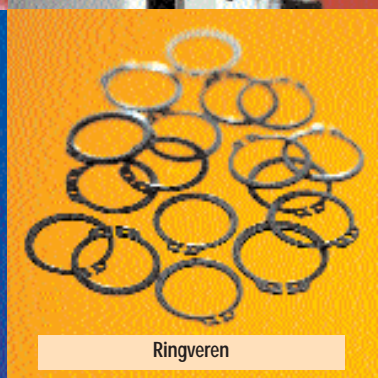
Spades



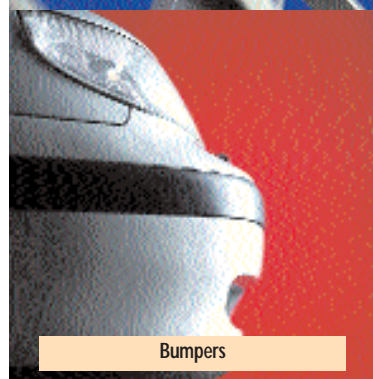
Brandkasten



Ladders



Ringveren



Bumpers



Fietsen





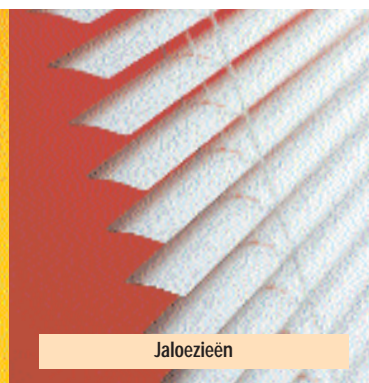
Kinderzitjes



Vrachtwagenladingssteunen



Stootranden



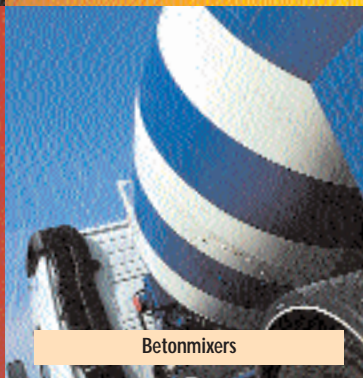
Jaloezieën



Koppelingsplaten



Heggenscharen



Betonmixers



Veren



Messen



Meubels van buizen



Meetlinten



Treinzittingen



Zaagbladen



Zijbalken voor autoportieren



Stalen schoeneneuzen



Kettingen



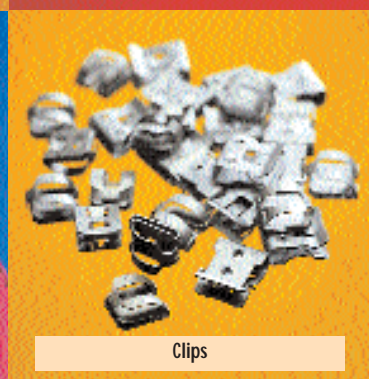
Kinderwagens



Autozittingrails



Containers



Clips



## Docol UHS – klassen en afmetingen

Docol UHS-staal biedt een combinatie van grote sterkte en uitstekende rekbaarheid. Het staal wordt geleverd in een gegarandeerde minimale treksterkte tussen de 800 N/mm<sup>2</sup> en 1400 N/mm<sup>2</sup>. Er kan een merkbaar grotere vloeigrens van het eindproduct worden verkregen door gebruik te maken van de koudversteving- en bake-hardening-eigenschappen van het staal.

### DP- en DL-staal

De Docol UHS-staalgroep bevat zowel DP- als DL-staal. DP-staal heeft een hoge vloeigrens/treksterkte verhouding, wat inhoudt dat het een goede rekbaarheid heeft en de spanningen die tijdens het bewerken ontstaan kan verdelen.

DL-staal wordt zodanig geproduceerd dat het verschil tussen de vloeigrens en de treksterkte groter is dan bij DP-staal. Hierdoor heeft DL-staal een nog betere vervormbaarheid dan DP-staal.

De getallen in de staalbenaamingen geven de minimale treksterkte aan. Het verschil tussen vloeigrens en treksterkte is normaal gesproken hoog in gewalste toestand, maar wordt aanzienlijk verlaagd door het koudvervormen.





Mechanische eigenschappen					
Staalklasse	Vloeigrens $R_p$ 0.2, N/mm <sup>2</sup> min.–max	Vloeigrens na bake-hardening $R_p$ 0.2 + BH**, N/mm <sup>2</sup> min.	Treksterkte $R_p$ 0.2, N/mm <sup>2</sup> min.–max.	Rekgrens $A_{80}$ min.(%)	Aanbevolen buigradius in hoek 90°
Docol 800 DP	500–(650)	650	800–950	8	1 x plaatdikte
Docol 800 DL*	390–(540)	550	800–950	13	1 x
Docol 1000 DP	700–(950)	850	1000–1200	5	3 x
Docol 1000 DL*	500–(750)	650	1000–1200	8	3 x
Docol 1200 DP	950–(1200)	1150	1200–1400	4	4 x
Docol 1400 DP	1150–(1400)	1350	1400–1600	3	4 x

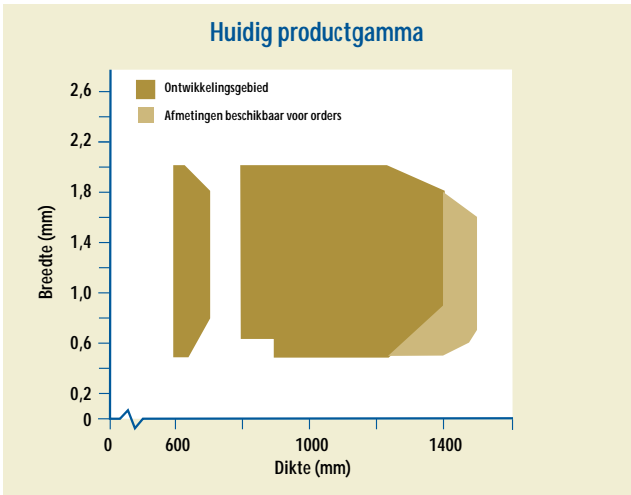
\* tijdens ontwikkeling

\*\* BH = bake-hardening na 2% verlenging en verhitten tot 170 °C gedurende 20 min

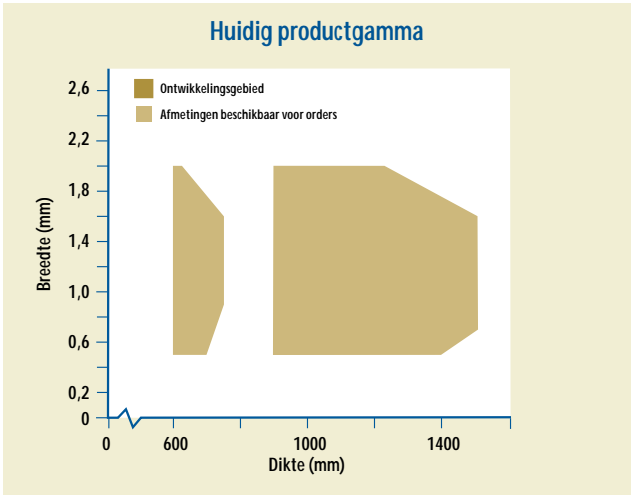
() = niet-gegarandeerde waarden

Chemische samenstelling (typische waarden)							
Staalklasse	% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Nb	% Al <sub>total</sub>
Docol 800 DP	0,12	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 1000 DL*	0,18	0,20	1,60	0,015	0,002	0,015	0,04
Docol 1200 DP	0,12	0,20	1,60	0,015	0,002	–	0,04
Docol 1400 DP	0,17	0,50	1,60	0,015	0,002	0,015	0,04

\* tijdens ontwikkeling



Docol 800 DL en Docol 1000 DP



Docol 800 DL, Docol 1000 DL, Docol 1200 DP en Docol 1400 DP



# Technische eigen- schappen

## Technische eigenschappen

Knippen en ponsen .....	10
Lasersnijden .....	10
Vervormen .....	12
Energieabsorptie .....	16
Veroudering .....	16
Schok- en slagbestendigheid .....	17
Koudverstevinging en bake-hardening .....	18
Warmtebehandeling .....	19
Vermoeiing .....	20
Lassen .....	20
Oppervlaktebehandeling .....	25



## Knippen en ponsen

Wanneer een materiaal met hoge sterkte wordt geknipt, moet het knipproces worden aangepast aan de hardheid, dikte en schuifsterkte van het staal, en aan het ontwerp, de stijfheid en de slijtage van de knipschaar of -machine die wordt gebruikt.

Met name de juiste kniptolerantie van de knipschaarbladen is van belang. De kniptolerantie wordt bepaald door de plaatdikte, de sterkte van het staal en de eisen die worden gesteld aan het uiterlijk van de

$$F = \frac{K_{sk} \cdot t_2}{2 \cdot \tan \eta}$$

waarbij,  $F$  = knipkracht (N)

$K_{sk}$  = schuifsterkte (e maal treksterkte)

$\eta$  = kniphoeek van knipschaar

$t$  = plaatdikte

Factor  $e$  is variabel, afhankelijk van de treksterkte van het materiaal. Bij zacht staal zoals DC01 geldt dat  $e = 0,8$ , terwijl bij Docol UHS-staal geldt dat  $e = 0,6$ . De noodzakelijke knipkracht wordt verhoogd naargelang de treksterkte. Staal met een hogere sterkte leidt meestal tot een verminderde dikte, waarbij de nood-

geknijpte zijde. Hoe dikker het materiaal en hoe hoger de sterkte, hoe groter de kniptolerantie moet zijn. Voor zacht staal en staal van gemiddelde sterkte wordt doorgaans een kniptolerantie van 6% van de plaatdikte gebruikt. Voor Docol UHS-staal wordt een kniptolerantie van ongeveer 10% van de plaatdikte aanbevolen. Door een grotere kniptolerantie ontstaat een nettere knipsnede maar een wat grotere overgangszone.

De schuifsterkte in Newton kan worden berekend volgens de volgende formule:

zakelijke knipkracht aanzienlijk kan worden beperkt. Een afgeschuinde pons kan de noodzakelijke kracht met wel 50% verlagen.

De kniptolerantie is van groot belang voor de slijtage tijdens het ponsen. Een kleinere kniptolerantie zorgt voor meer slijtage aan het gereedschap, waarvoor het vaker moet worden geslepen.



## Lasersnijden

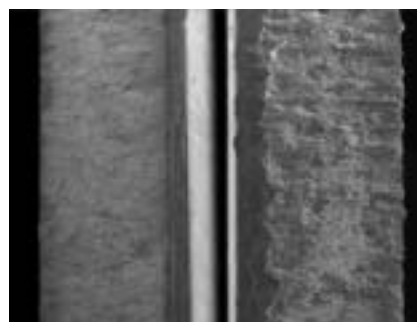
Delen van Docol UHS-staal kunnen

complexe meetkundige vormen hebben. Door lasersnijden kunnen deze vormen direct tijdens het snijden worden gemaakt, zonder dat er verdere bewerkingen nodig zijn. Lasersnijden is een kwalitatief hoogwaardig snijproces waarbij een egaal snijoppervlak met een hoge kwaliteit en een grote maatnauwkeurigheid wordt verkregen. Hierbij worden er strenge eisen gesteld aan de instellingen van snijapparatuur en aan het materiaal dat moet worden gesneden.

Een van de factoren die van invloed zijn op de snijresultaten is het oppervlak van het werkstuk.

## Oppervlak

De zuiverheid van het plaatoppervlak is een van de belangrijkste factoren voor het verkrijgen van een snijoppervlak van goede kwaliteit, d.w.z. een kleine hoekafwijking (coniciteit  $\mu$ ) en een egaal snijoppervlak ( $R_z$ ). Een zuiver oppervlak biedt de beste knipeigenschappen voor wat betreft snijkwaliteit en productiezuinigheid.



10% van de plaatdikte

6% van de plaatdikte

Belang van de snij tolerantie voor het uiterlijk van de snijkant bij Docol 1400 DP



Relatieve dikte											
Tot staalklasse	Van staalklasse										
	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 DP	Docol 1400 DP
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 DP	2,01	2,30	2,08	1,91	1,78	1,84	1,65	1,38	1,16	1,00	0,91
Docol 1400 DP	2,21	2,53	2,29	2,10	1,96	2,03	1,81	1,52	1,28	1,10	1,00

Relatieve snijkracht											
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 DP	1,21	1,58	1,63	1,54	1,48	1,39	1,24	1,27	1,13	1,00	0,96
Docol 1400 DP	1,26	1,64	1,69	1,60	1,53	1,45	1,28	1,31	1,17	1,04	1,00

Gebruik van de tabel: Bij het vervangen van DC04 door bijvoorbeeld Docol 800 DP kan de dikte worden beperkt tot 60% van de oorspronkelijke dikte. Hierdoor is nog slechts 80% nodig van de snijkracht die nodig was voor het DC04-materiaal.

### Testresultaten

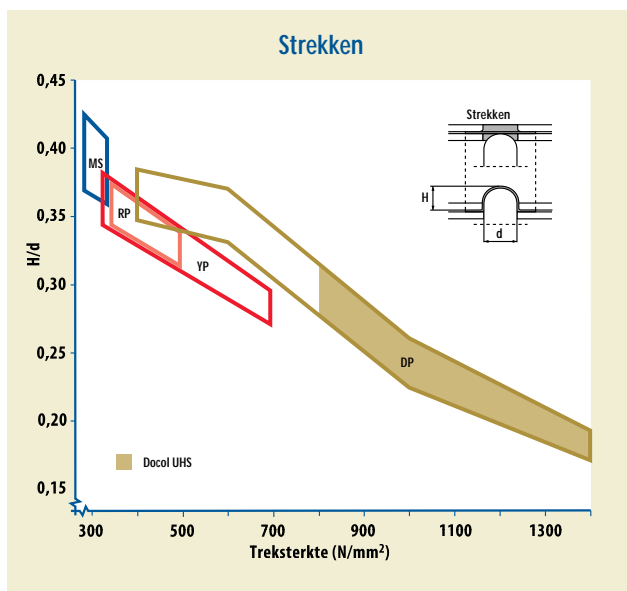
Het snijden met een laser is de laatste jaren populairder geworden. Daarom heeft SSAB Tunnpilat de lasersnij-eigenschappen van Docol UHS-staal zelf onderzocht en de ervaringen verzameld van bedrijven die deze techniek toepassen. De resultaten van deze onderzoeken kunnen als volgt worden samengevat:

- Er zijn geen speciale snijparameters nodig voor Docol UHS-staal.
- Docol UHS-staal voldoet aan de norm voor de hoogste klasse in overeenstemming met DIN 2310,

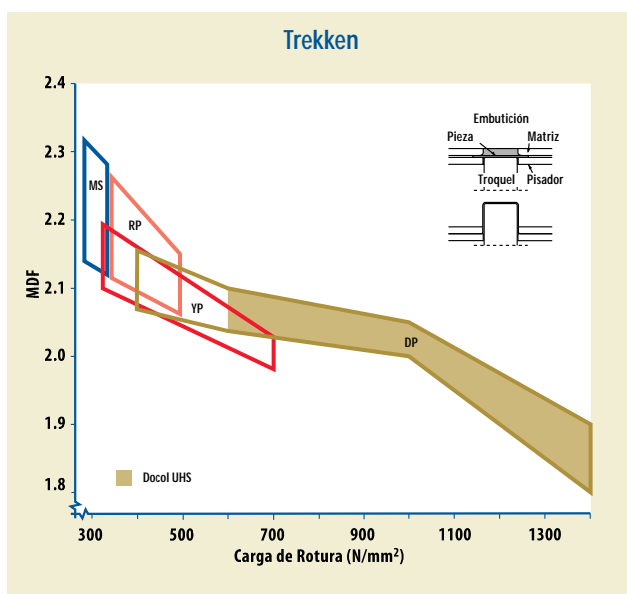
deel 5, voor lasersnijden. Dit heeft betrekking op zowel de vlakheid van het oppervlak als de coniciteit.

- Docol UHS-staal bevat geen macro-insluitels die een nadelige invloed op de snijresultaten kunnen hebben.
- Wijzigingen in de hardheid treden alleen in een smalle zone nabij de snijkant op. De zone die wordt beïnvloed door de hitte van het lasersnijden is smal. Deze zone ligt zo dicht tegen de zijkant en is zo smal, dat deze wordt opgegeven door de daaropvolgende lasbewerking.





Strek-ervormbaarheid,  $H/d$ , als functie van de treksterkte van zacht staal (MS) en Docol YP-, RP- en DP-staal. De afbeelding geeft de goede strekervormbaarheid van Docol UHS-staal weer.



De LDR (Limiting Drawing Ratio) als functie van de treksterkte van zacht staal (MS) en Docol YP-, RP- en DP-staal. In de afbeelding wordt de goede trekbaarheid van Docol UHS-staal weergegeven.



## Vervormen

Ondanks zijn grote hardheid heeft Docol

UHS-staal een goede vervormbaarheid en kan het met traditionele processen worden vervormd. De ietwat mindere vervormbaarheid in vergelijking tot zacht staal kan bijna altijd worden gecompenseerd door het ontwerp van het component aan te passen.

## Strekken

Tijdens het strekken wordt het materiaal vastgeklemd door de plaatandrucker en vindt alle plastische vervorming plaats over de pons. Het materiaal wordt onderworpen aan een biaxiale kracht, wat resulteert in een lagere dikte. Als de plaatselijke vervorming bovenmatig is, zal er een breuk optreden. De rekeigenschappen hangen voornamelijk af van de capaciteit van het materiaal tot het herverdelen van de spanningen.

Er bestaat een nauw verband tussen de rekeigenschappen van een materiaal en de koudversterkings-eigenschappen ervan: hoe groter de koudversterking van het materiaal, hoe beter de verdeling van spanningen en dus de rekeigenschappen. Aangezien Docol UHS-staal een hoge koudversterking ondergaat, heeft het materiaal ook betere rekeigenschappen dan andere soorten staal van vergelijkbare sterkte.

## Trekken

Tijdens het trekken wordt het gehele stuk of een groot deel van het materiaal door de pers geleid. De plaatandrucker wordt zodanig ingesteld dat plooiën worden voorkomen.

De trekweerstand van het materiaal wordt grotendeels door twee factoren bepaald:

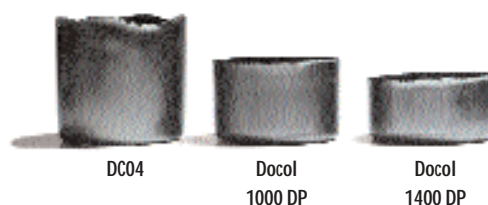
- De mogelijkheid van het materiaal om plastisch te vervormen over het plaatvlak, d.w.z. hoe gemakkelijk het felsmateriaal tijdens het trekken overvloeit in zijwandmateriaal.
- Het zijwandmateriaal moet plastische vervorming in de dikte kunnen verdragen, zodat het risico van breuk wordt verminderd.

De rekbaarheid van Docol UHS-staal is even goed als, of iets beter dan dat van ander staal van vergelijkbare sterkte.

## Felsen

De verhouding tussen de gatdiameter voor en na het felsen heet de felsverhouding. De te bewerken delen moeten zo worden geplaatst dat de knipbraam tegenover de pons ligt. De reden hiervoor is dat de buitenste vezels van het materiaal de zwaarste vervorming ondergaan, en omdat het koudverwerken tijdens het knippen de taaiheid van de snijkant verlaagt.

Aangezien de buitenste vezels van dun materiaal minder vervormen dan die van dik



In de afbeelding wordt de goede trekbaarheid van Docol UHS-staal weergegeven.



materiaal, kan een dunner materiaal een hogere felsverhouding weerstaan dan een dikker materiaal bij dezelfde binnendiameter van de flensopening.

Voor de beste resultaten tijdens het felsen van Docol UHS-staal wordt een grotere voetradius (1,5–2 t) aanbevolen dan voor zacht staal. In de praktijk wordt er een grotere afstand bewaard tussen de pons en de matrijs.

buitenzijde van de plaat wordt getrokken terwijl de binnenzijde wordt samengedrukt. Bij een toenemende sterkte neemt de buigbaarheid af. Het verschil in de buigbaarheid van de verschillende typen Docol UHS-staal langs de lengte en breedte van de walsrichting is relatief groot. Bij het buigen van Docol UHS-staal is de juiste ponsradius in combinatie met de juiste matrijsopening dan ook van belang.

## Buigen

Tijdens het buigen wordt er een buigmoment toegepast op de plaat, waardoor er aan de

Resultaat van onderzoek naar de buigbaarheid van Docol UHS, dikte 1,5 mm. Om veiligheidsredenen raden wij aan het buigen uit te voeren met de minimale binnenradius zoals weergegeven in de tabel op pagina 9.

Buigbaarheid dwars op de walsrichting, plaatdikte 1,5 mm							
Ponsradius R (mm)	R/t	Breedte matrijsopening, W (mm)	W/t	Docol 800 DP	Docol 1000 DP	Docol 1200 DP	Docol 1400 DP
1	0,67	9	6,0				
1		12	8,1				
1		16	10,8				
1		24	16,2				
3	2,00	12	8,1				
3		16	10,8				
3		24	16,2				
5	3,33	12	8,1				
5		16	10,8				
5		24	16,2				

Voldoende

Plaatselijke krimp/scheuren

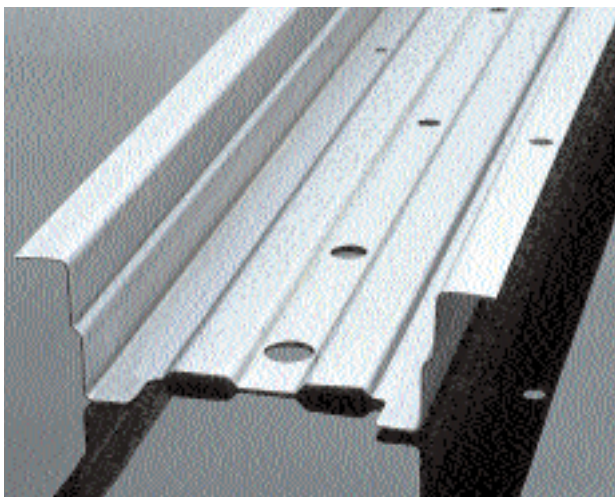
t = dikte

Buigbaarheid langs de walsrichting, plaatdikte 1,5 mm							
Ponsradius R (mm)	R/t	Breedte matrijsopening W (mm)	W/t	Docol 800 DP	Docol 1000 DP	Docol 1200 DP	Docol 1400 DP
1	0,67	9	6,0				
1		12	8,1				
1		16	10,8				
1		24	16,2				
3	2,00	12	8,1				
3		16	10,8				
3		24	16,2				
5	3,33	12	8,1				
5		16	10,8				
5		24	16,2				

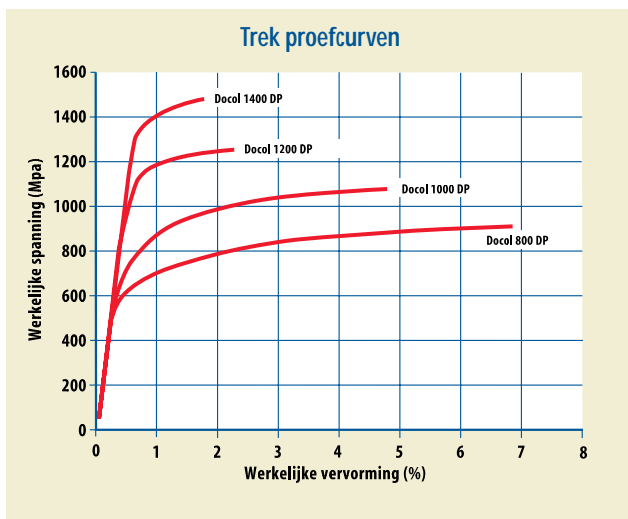
Voldoende

Plaatselijke krimp/scheuren

t = dikte



Balk voor Volvo-truck van Docol 800 DP, dikte 1,25 mm.



## Rolvormen

Docol UHS-staal is zeer geschikt om te rolvormen. Dit proces is minder belastend voor het materiaal dan buigen met een buigpers, waardoor profielen met een gecompliceerde dwarsdoorsnede en smalle radius kunnen worden gefabriceerd.

Rolvormen kan worden gecombineerd met gelijktijdige of opvolgende bewerkingen zoals ponsen, lassen en buigen.

Door zijn hoge sterkte heeft Docol UHS-staal een grotere terugvering dan zacht staal, en dit geldt ook bij het walsen. Wanneer er in een productielijn voor zacht materiaal wordt overgestapt op Docol UHS-staal, moet de productielijn over het algemeen aan de grotere sterkte van Docol UHS-staal worden aangepast.

## Trekproefcurven

Curven van conventionele trekproeven zijn bruikbaar voor verschillende soorten FEM-analyse (Finite Element Method), bijv. berekeningen van het draagvermogen of de energieabsorptie van een ontworpen onderdeel. In werkelijke spannings-/vervormingscurven worden de spannings- en vervormingsniveaus gecompenseerd voor de oppervlaktereductie tijdens het testen. Bij een bepaalde spanning zal staal van een hogere sterkte een hogere vervorming opleveren.

## Forming Limit Curves

De *Forming Limit Curve* (FLC) geeft de hoeveelheid vervorming weer die het materiaal kan verdragen in een bepaald vervormingstraject of bij een bepaalde vervormingstoestand.

De FLC kan worden gebruikt

ter registratie of als handvat bij het uitvoeren van ingewikkelde persbewerkingen.

Er wordt een ruitpatroon geëist op het proefmateriaal, dat vervolgens geperst wordt. De maatverandering wordt in twee richtingen gemeten, d.w.z. de grootste, e-max genaamd, en de verandering haaks op deze richting, e-min genoemd.

Als er in beide richtingen een positieve wijziging optreedt, is er sprake van een strekproces, wat aan de rechterzijde van de nullijn in de FLC grafiek wordt uitgezet.

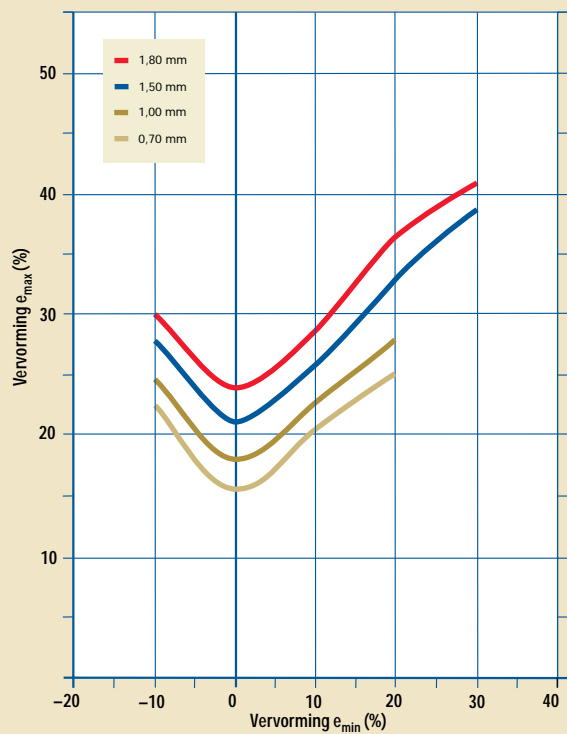
De waarden met een negatieve e-min en een positieve e-max worden links van de nullijn uitgezet, wat duidt op een trekproces.

De curven zijn afhankelijk van de dikte van het materiaal, en moeten daarom worden herberekend naar de betreffende diktes. De resultaten van een bepaalde persbewerking worden in de grafiek uitgezet en vergeleken met de materiaalcurve. Als het resultaat onder de curve blijft, kan het materiaal in kwestie de vervorming verdragen.

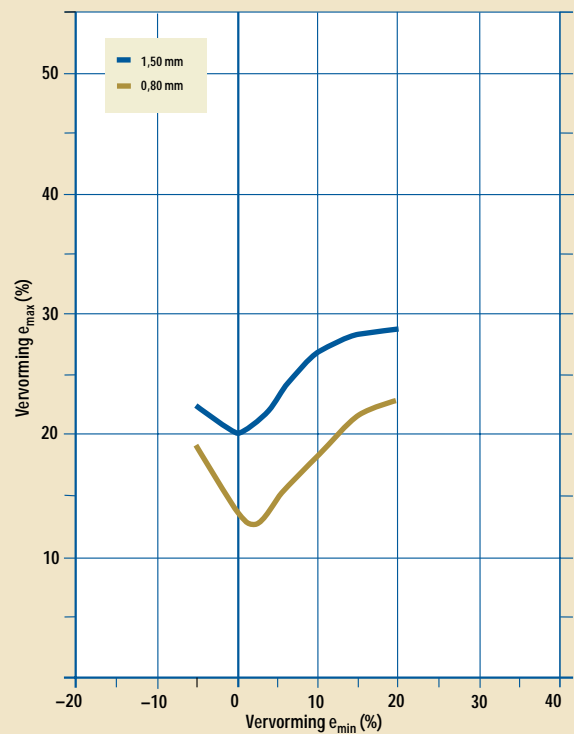


# Forming limit curves (FLC) voor Docol UHS – werkelijkvervorming

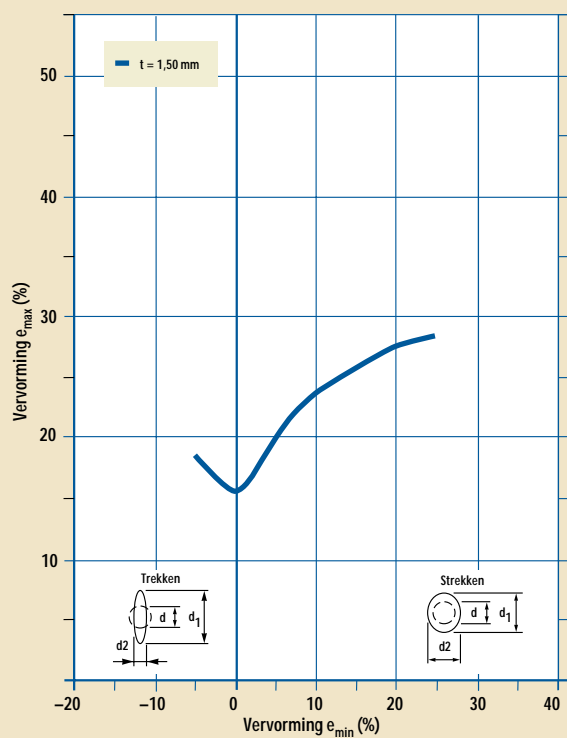
Docol 800 DP



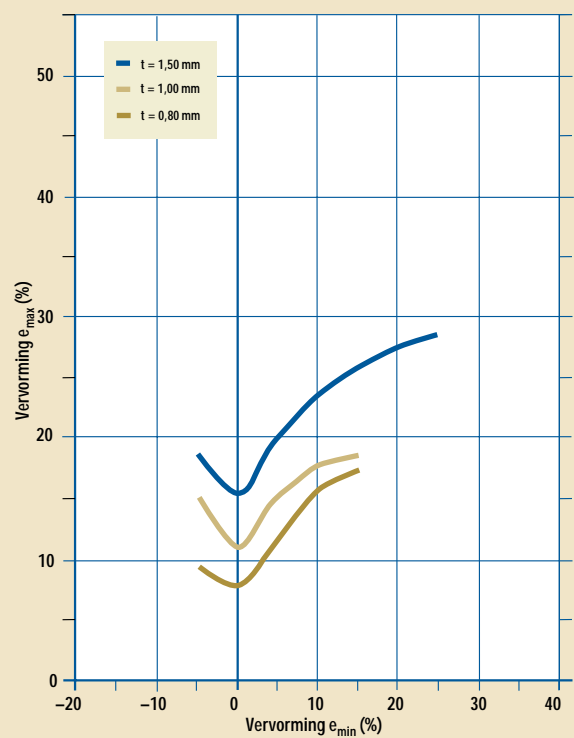
Docol 1000 DP



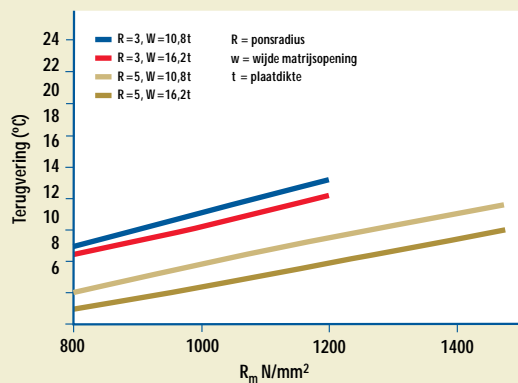
Docol 1200 DP



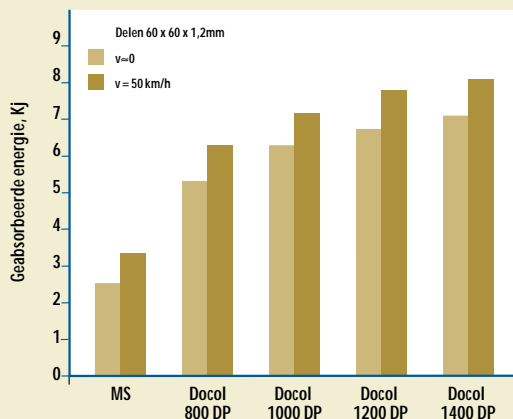
Docol 1400 DP



### Terugvering van Docol UHS bij buiging van $\alpha = 90^\circ$ ( $T = 1,5 \text{ mm}$ )



### Energieabsorptievermogen Docol UHS



In bovenstaand staafdiagram wordt de energieabsorptie van een deel van  $60 \times 60 \times 1,2 \text{ mm}$  gegeven bij twee verschillende snelheden.

### Terugvering

Bij een overstap van zacht staal naar staal met een hogere sterkte, neemt de terugvering toe. De terugvering wordt niet alleen beïnvloed door de sterkte van het materiaal, maar ook door het gebruikte gereedschap. Een hogere sterkte, een grotere ponsradius of matrijsopening veroorzaken een grotere terugvering. Bij een bepaalde radius verhoogt ook een lagere dikte de terugvering.

Terugvering kan worden gecompenseerd door het verhogen van de plastische vervorming van het materiaal in de hoek. Dit kan worden gedaan door overbuigen van het materiaal of door de ponsradius of matrijsopening te verkleinen. Een andere methode is het introduceren van verstijvers.



### Energieabsorptie

Het energieabsorptievermogen van verschillende veiligheidsonderdelen van auto's is afhankelijk van de sterkte van het gebruikte staal. Het gebruik van Docol UHS-staal in plaats van zacht staal kan de plaatdikte van componenten zoals axiaal belaste zijbalken en stootbalken in deuren aanzienlijk reduceren.

Als vuistregel kan worden aangehouden dat het gewicht met 30–40 procent kan worden verlaagd bij het gebruik van Docol 1000 DP, en met 40–50 procent bij het gebruik van Docol 1400 DP in plaats

van zacht staal in energieabsorberende componenten.

De dwarsdoorsnede, plaatdikte en sterkte van het staal beïnvloeden het energieabsorptievermogen van het component.

De mechanische eigenschappen van het staal worden verbeterd door hoge vervormingsgraden. Daardoor wordt het energieabsorptievermogen tijdens een daadwerkelijke botsing verhoogd.

Het energieabsorptievermogen van een component kan worden geschat door middel van een FEM-analyse. Er kunnen verschillende combinaties van materialen en vormen worden gesimuleerd voordat het prototype wordt gemaakt.

Een van de manieren om het energieabsorptievermogen van een zijbalk in een autoportier te meten is een statische driepunts buigtest. De kracht wordt gemeten als een functie van de vervorming tot een vooraf bepaalde vervormingswaarde, waarna de energie kan worden berekend.



### Veroudering

Door zijn structuur verouderd Docol UHS-staal

niet. Dit type staal bestaat uit twee fasen: een harde fase (martensiet) en een zachte fase (ferriet).

Het verschil in hardheid tussen deze twee fasen heft het optreden van normale verouderingsverschijnselen op, zoals een toename in de vloeigrens en een herstel van de vloeigrensverlenging na opslag bij



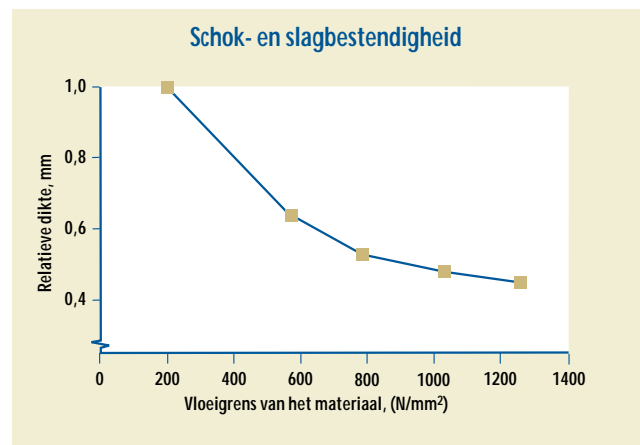


normale temperaturen.

### Schok- en slagbestendigheid

Grote staalplaten die aan schokken en slagen worden blootgesteld, kunnen permanent vervormd raken. Het dak van een auto bijvoorbeeld, moet gematigde schokken en slagen kunnen verdragen zonder permanent te vervormen. De vloeigrens van het materiaal bepaalt de weerstand van

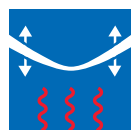
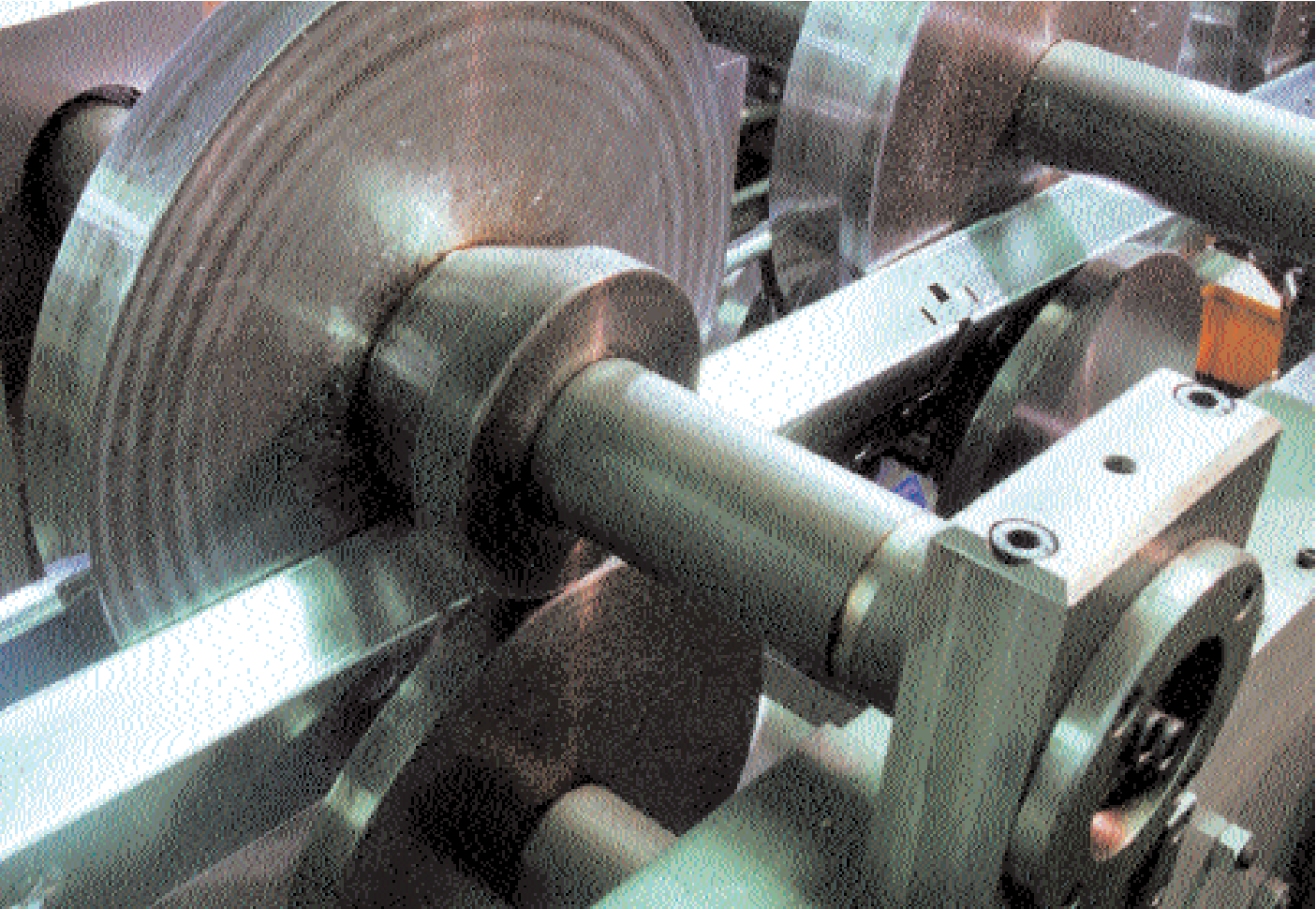
de plaat tegen slagen. In de afbeelding wordt de relatieve dikte getoond waarbij Docol UHS-staal een equivalente of zelfde schok- en slagbestendigheid heeft als zacht staal (vloeigrens 220 N/mm<sup>2</sup>); indirect geeft dit aan hoeveel materiaal kan worden bespaard door over te stappen op Docol UHS-staal.



De hogere terugvering van Docol UHS-staal kan worden toegepast om een product te verbeteren. De computerkoffer met diefstalbeveiliging is gemaakt van Docol 1000 DP en Docol

1400 DP. Docol UHS-staal is veel moeilijker te zagen dan zacht staal, en terugvering maakt het veel moeilijker de koffer te forceren: de koffer klapt dicht als een muizenval.





#### Koudverste- ving en bake- hardening

Door gebruik te maken van de koudverste-  
ving- en bake-hardening-  
eigenschappen van Docol  
UHS-staal kan een forse ver-  
hoging van de vloeigrens wor-  
den verkregen.

Een koudversteving door  
een vervorming van 2% kan  
de vloeigrens van Docol  
UHS-staal met meer dan  
100 N/mm<sup>2</sup> verhogen.  
Koudversteving hangt gro-  
tendeels af van de hoeveelheid  
vervorming en van het type  
staal.

De mate van koudverste-  
ving is belangrijker voor de

totale verhoging van de vloe-  
grens van Docol UHS-staal  
dan de duur van de warmtebe-  
handeling en de temperatuur.

Een koudversteving van  
10% verhoogt de vloeigrens  
van Docol 800 DP met circa  
400 N/mm<sup>2</sup>.

Bake-hardening door het  
materiaal bij 170 °C gedurende  
20 minuten onder te dompe-  
len, verhoogt de vloeigrens  
met nog ongeveer 30 N/mm<sup>2</sup>.

#### Persen en lakken

De koudversteving- en bake-  
hardening-eigenschappen van  
Docol UHS-staal komen goed  
van pas wanneer staalplaten  
worden geperst en vervolgens  
gelakt.

Koudversteving treedt op  
tijdens het persen, en bake-  
hardening treedt op tijdens het  
drogen van de lak bij een ver-  
hoogde temperatuur.

#### Buisvormen en walsen

Buisvormen en andere manie-  
ren van walsen zijn typische  
bewerkingen waarbij de koud-  
verstevingseigenschappen  
van Docol UHS-staal goed  
kunnen worden toegepast.  
Tijdens deze bewerkingen  
wordt het materiaal gecontro-  
leerd vervormd, wat leidt tot  
een verhoging van de vloe-  
grens en treksterkte van het  
eindproduct.

Omdat de mate van vervor-  
ming bekend en gecontroleerd

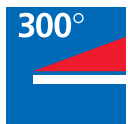


is, kan de verhoging van de sterkte worden gebruikt in het ontwerp van het eindproduct. Wanneer de eindproducten worden warmtebehandeld, bijv. in combinatie met een oppervlaktebehandeling, kan er een nog verdere verbetering van de sterkte worden bereikt.

### Dimensioneren

Koudverstevinging en bake-hardening kunnen altijd volledig worden toegepast tijdens het statische ontwerp.

De verhoging van de vloeigrens kan doorgaans ook worden toegepast in het ontwerpen op vermoeiing.

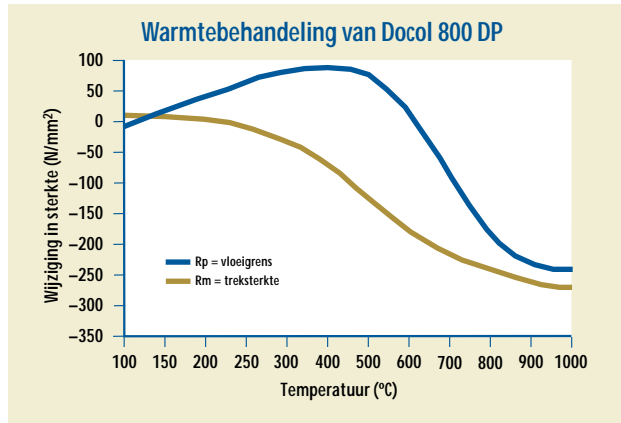


### Warmtebehandeling

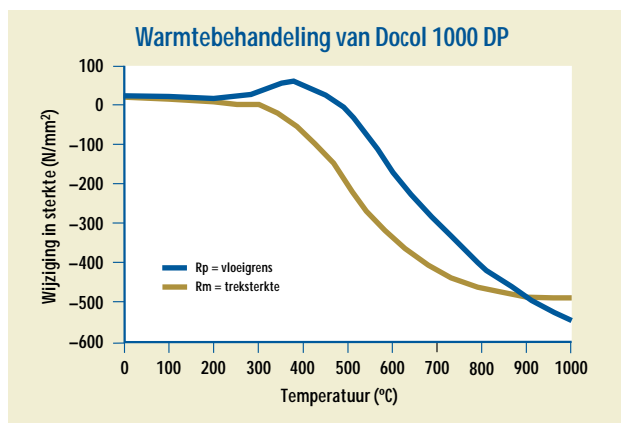
Docol 800 DP en Docol 1000 DP

kunnen worden verwarmd tot 300 °C zonder dat dit de sterkte-eigenschappen nadelig beïnvloedt. Wanneer het staal verder wordt verwarmd, zal de sterkte met de stijging van de temperatuur geleidelijk afnemen.

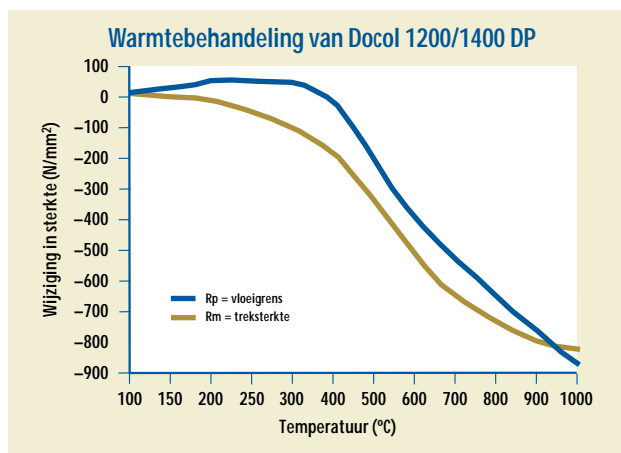
Docol 1200 DP en Docol 1400 DP kunnen worden verwarmd tot ongeveer 200 °C, maar dit zal de sterkte-eigenschappen nadelig beïnvloeden. Bij verwarming tot meer dan 200 °C neemt de sterkte van deze staalsoorten meer af dan die van Docol 800 DP en Docol 1000 DP.



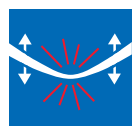
In de grafiek wordt weergegeven hoe de sterkte van Docol 800 DP door verwarming wordt gewijzigd.



In de grafiek wordt weergegeven hoe de sterkte van Docol 1000 DP door verwarming wordt gewijzigd.



In de grafiek wordt weergegeven hoe de sterkte van Docol 1200 DP en Docol 1400 DP door verwarming wordt gewijzigd.



## Vermoeiing

Een zorgvuldige analyse van de vermoeiingsbe-

lasting, d.w.z. de vorm en het aantal belastingscycli van het belastingspectrum, in combinatie met een goed ontwerp, bijv. een laag spanningsverhogingseffect in verbindingspunten, is de basis voor een goed materiaalgebruik bij sterktestaal.

Een constante maximale belastingsamplitude zou leiden tot overdimensionering, aangezien componenten in de praktijk doorgaans worden onderworpen aan belastingen met variabele amplitudes (smalle spectrumbelasting). Hoe lager het belastingspectrum en hoe minder belastingscycli, hoe voordeliger het is om gebruik te maken van sterktestaal, zelfs in gelaste constructies.

Goed ontwerp:

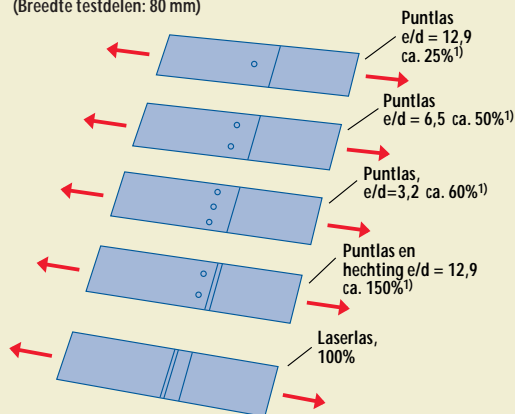
- gebruik waar mogelijk de stressed-skin-actie;
- zorg voor een gelijkmatige verdeling van de belasting over de gehele constructie;
- vermijd plotselinge wijzigingen in stijfheid of in dwarsdoorsnede;
- de belasting is vaak kritiek – wees zorgvuldig tijdens het ontwerpen;
- zorg voor een juiste plaatsing en ontwerp van lasnaden;
- een ophoping van spanningsverhogers moet in alle constructies worden vermeden;
- zorg dat de laskwaliteit goed is (houd de productiekwaliteit onder controle).

Een goed ontwerp voor dunne plaatmaterialen zoals Docol UHS-staal bevat:

- verstevigingen (zoals rillen en zijversteviging) om knikken te voorkomen en het materiaal geschikter te maken voor gebruik;
- verstevigingen om plaatselijk doorbuigen van de plaat te voorkomen, bijv. op belastingspunten;
- een verhoogde puntlaskorreldoorsnede en een verlaagde ruimte tussen de puntlassen om de spanning in de las te verlagen, waarmee de vermoeiingssterkte van de gehele structuur wordt verhoogd;
- puntlassen in combinatie met lasnaden om de vermoeiingssterkte te verhogen;
- laserlasnaden, aangezien deze een veel hogere vermoeiingssterkte hebben dan puntlassen.

## Relatieve vermoeiing bij $1 \times 10^6$ belastingscycli

(Breedte testdelen: 80 mm)



d = Korreldiameter

e = Korrelafstand

¹) = Vermoeiingssterkte in verhouding tot continu lasergelaste verbinding



Lassen van Docol UHS

Docol UHS-staalsoorten

kunnen normaal worden gelast aan zacht staal (hard-aan-zacht-lassen). Docol UHS-staal wordt soms op gelijksoortig staal gelast (hard-aan-hard-lassen), zoals op verschillende typen dichte profielen.

**Alle conventionele lasmethodes kunnen voor Docol UHS worden gebruikt**

Docol UHS-staal kan worden gelast volgens alle gebruikelijke methodes zoals puntlassen, MAG-lassen, laserlassen of hoogfrequent lassen.

Docol UHS-staal dankt zijn goede lasbaarheid aan het feit dat dit staal zeer weinig legeringselementen bevat in ver-



houding tot zijn hoge sterkte, wat het risico van scheuren en andere defecten verkleint.

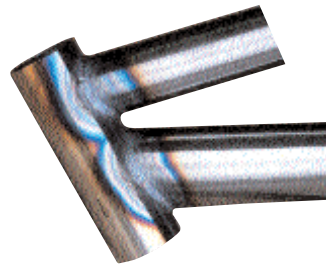
### Puntlassen

Puntlassen is een soort weerstandslassen, en wordt voornamelijk gebruikt voor het lassen van koudgewalst sterkte-staal. Om staal goed te kunnen puntlassen, moet het stroomgebied voldoende breed zijn. Dit gebied moet tenminste 1 kA bedragen.

Het puntlassen van Docol UHS-staal aan zacht staal veroorzaakt geen problemen. Het toegestane stroomgebied is breed, en tijdens een trektest wordt volledige plugbreuk verkregen (tijdens het testen wordt er een plug uit een van de platen getrokken). De sterkte van de las is gelijk aan de sterkte bij zacht staal.

Wanneer UHS-staal aan een zelfde soort staal wordt gelast (hard-aan-hard-lassen), is het toegestane stroomgebied ook breed. Bij Docol UHS-staal van de hoogste sterkte zal er tijdens een trektest niet altijd volledige plugbreuk optreden. De breuk treedt soms gedeeltelijk in de las op, wat bekend staat als een gedeeltelijke plugbreuk.

In onderstaande tabel worden typische gemeten stroomgebieden weergegeven waarmee tijdens het puntlassen van Docol UHS-staal goede resultaten worden verkregen. Er zijn ook resultaten beschikbaar voor hard-aan-zacht- en hard-aan-hard-lassen. De gemeten stroomgebieden zijn over de gehele linie zeer breed, d.w.z. in alle gevallen breder dan 2,0 kA.



Lasdetail in Docol UHS

Gemeten toegestane stroomgebieden tijdens puntlassen <sup>3)</sup> van Docol UHS									
Staal 1	Staal 2	Dikte (staal 1/ staal 2) (mm)	Beschikbare lasstroom		Lasgegevens				Opmerkingen
			Bereik (kA)	min-max (kA)	Elektrode diameter (mm)	Elektrode kracht (N)	Lastijde Soldadura (cydi)	Houdtijd (cycli)	
Docol 800 DP	Docol 800 DP	1,0/1,0	2,0	6,4–8,4	6	4000	12	10	hard/hard
Docol 800 DP	Docol 220 DP	1,5/1,5	2,6	5,9–8,5	6	3500	15	10	hard/zacht
Docol 800 DP	Docol 800 DP	1,5/1,5	2,1	5,7–7,8	6	4000	20	10	hard/hard
Docol 800 DP	DC01	2,0/2,0	3,4	9,9–13,3	9	6300	20	10	hard/zacht
Docol 800 DP	Docol 800 DP	2,0/2,0	3,0	7,8–10,8	9	6300	20	10	hard/hard
Docol 1000 DP	DC01	0,8/0,8	2,5	5,2–7,7	5	3000	8	10	hard/zacht
Docol 1000 DP	Docol 1000 DP	0,8/0,8	3,0	4,7–7,7	5	3000	11	10	hard/hard
Docol 1000 DP	Docol 1000 DP	1,5/1,5	2,2	5,8–8,0	6	4500	19	10	hard/hard
Docol 1000 DP	Dogal 220 RP2)	2,0/2,0	3,0	7,4–10,4	8	5600	19	10	hard/zacht
Docol 1000 DP	Docol 1000 DP	2,0/2,0	2,4	7,8–10,2	9	6300	20	10	hard/hard
Docol 1200 DP	DC01	1,5/1,5	2,7	9,4–12,1	8	5000	15	10	hard/zacht
Docol 1200 DP	Docol 1200 DP	1,5/1,5	2,5	6,2–8,7	6	4500	15	10	hard/hard
Docol 1400 DP	Docol 220 DP	1,5/1,5	2,5	7,5–10,0	8	3500	15	10	hard/zacht
Docol 1400 DP	Docol 1400 DP	1,5/1,5	3,2	8,6–11,8	8	6000	17	10	hard/hard

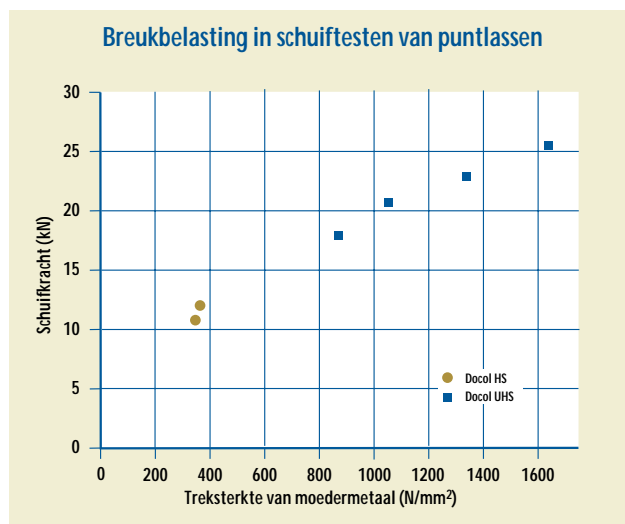
1) Minimumwaarde: Stroom waarbij een plugdiameter van 70% van de elektrodediameter ontstaat. Max. waarde:

Hoogste stroom zonder spatten

2) Zink-gecoat Z140 (10 µm)

3) De puntlassen worden gemaakt in enkelfasige wisselstroommachines. De metingen zijn gebaseerd op een doorsnedespanningstest.

Brakbelasting in schuiftesten van puntlassen in Docol UHS-staal in vergelijking met ander sterktestaal. Plugdiameter: ca. 5,5 mm. Plaatdikte: 1,5–1,6 mm.



### Sterkte van puntlassen

De schuifsterkte van puntlassen in Docol UHS-staal is hoger dan bij puntlassen in staal van een lagere sterkte. Dit wordt geïllustreerd in bovenstaande grafiek. De verschillende staalsoorten zijn gelast aan dezelfde staalklassen, d.w.z. hard-aan-hard. Dit geeft duidelijk aan dat de schuifsterkte van de puntlassen verhoogd wordt bij een grotere sterkte van het gelaste staal. De treksterkte is lager dan de schuifsterkte van de puntlassen, en daarom moet het ontwerp zodanig worden gemaakt dat de puntlassen worden onderworpen aan een schuif-

belasting. Hierdoor kan ook de hogere sterkte van Docol UHS-staal worden toegepast.

### Aanbevolen lasgegevens voor puntlassen

Wanneer Docol UHS-staal wordt gepuntlast aan zacht staal, kan normaal gesproken worden uitgegaan van dezelfde gegevens als voor het zachte staal. De kracht van de elektrode moet echter met 20–30% worden verhoogd. Voor goede lasresultaten bij het lassen van Docol UHS-staal aan Docol UHS-staal (hard-aan-hard), moet de kracht van de elektrode worden verhoogd met 40–50% in vergelijking tot de

kracht die zou worden gebruikt bij het lassen van zacht staal, en ook de lastijd moet iets langer zijn.

### Smeltlassen

Aangezien Docol UHS-staal slechts weinig legeringselementen bevat, treden er tijdens normaal smeltlassen - MAG-, TIG- of plasmalassen - doorgaans geen problemen zoals scheuren of andere defecten op. Dit geldt voor zowel lassen aan zacht staal als voor lassen aan dezelfde staalklasse.

Bij het lassen aan zacht staal wordt de sterkte van de lasnaad bepaald door het zachte staal. Wanneer men Docol UHS-staal smeltlast aan dezelfde staalklasse, zal de sterkte van de lasnaad veel hoger zijn dan bij andere types sterktestaal.

In bovenstaande grafiek worden de resultaten weergegeven van het MAG-lassen van Docol UHS-staal en ander sterktestaal. Dit geeft duidelijk aan dat Docol UHS-staal een hogere sterkte heeft dan de andere soorten staal.

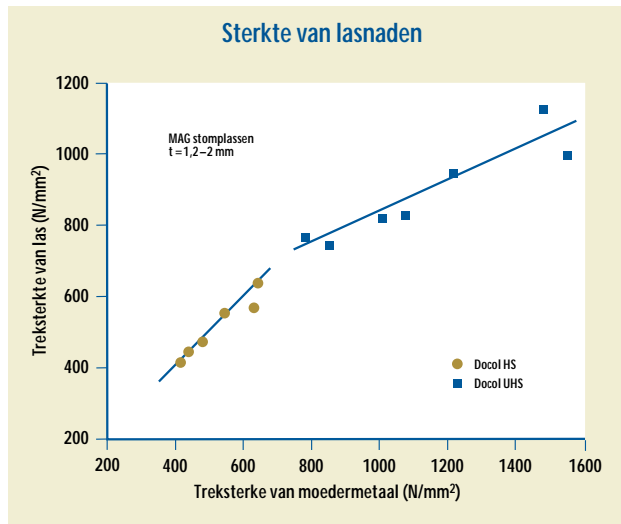
De sterkte van de las bij Docol UHS-staal behaalt echter niet de sterkte van het moedermetaal.

Voorbeelden van lasmetalen voor Docol UHS		
Elektrode-lassen (MMA)	Booglassen (MAG) met massieve draad	Fabrikant
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	Elgamatic 135  Carbofil NiMoCr Spoolcord TD-T90	Filarc ELGA  Oerlikon



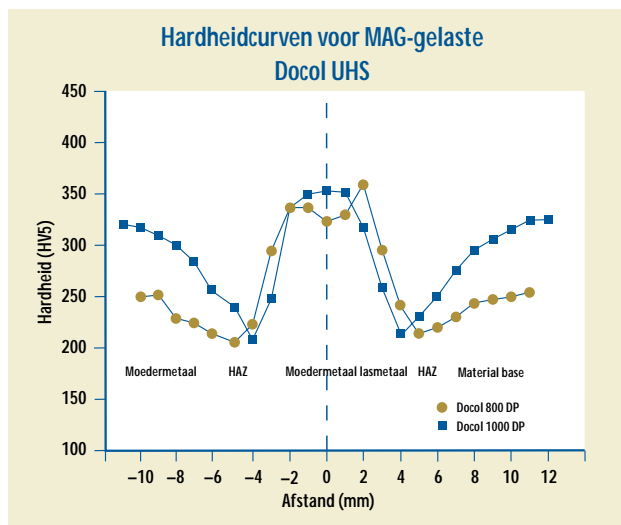
De reden hiervoor is dat er zachte zones optreden naast de las, die de sterkte verlagen (zie de hardheidcurven in bovenstaande grafiek). De sterkte is het hoogst bij Docol 1400 DP, wat ook de hoogste sterkte moedermetaal heeft.

Bij het MAG-lassen van Docol UHS-staal kunnen dezelfde lasparameters worden gebruikt als bij zacht staal of sterktestaal.



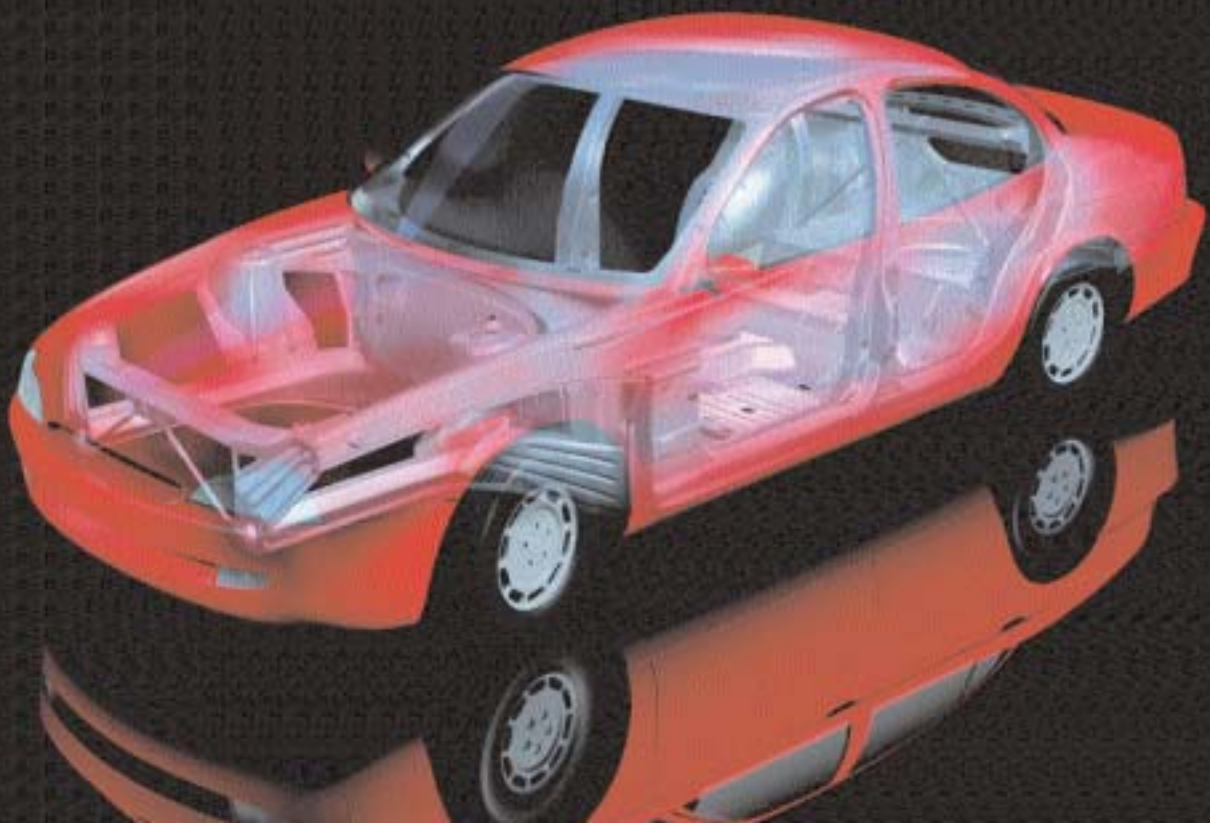
De sterkte van de lasnaad van Docol UHS-staal in vergelijking met ander Docol-sterktestaal (twee identieke staaltypen aan elkaar gelast, belast op de las, en lasversterking verwijderd).

Lasgegevens: MAG, massieve draad, enkele bewerking, gemengde beschermende gasatmosfeer, warmteaanvoer 0,11–0,17 kJ/mm.



Hardheidcurven van MAG-gelast Docol UHS (Docol 800 DP, t = 2,0 mm en Docol 1000 DP, t = 2,0 mm). Stomplassen, twee gelijke staalklassen.

Lasgegevens: massieve draad, enkele bewerking, gemengde beschermende gasatmosfeer, warmteaanvoer 0,16 kJ/mm.



### Laserlassen

Docol UHS-staal kan worden door middel van laser aan zowel zacht staal als aan staal van dezelfde klasse worden gelast. Het laserlassen van Docol UHS-staal verschilt niet van het lassen van zacht staal. Een van de voordelen van laserlassen is dat de sterkte van de las bij Docol UHS-staal kan worden verhoogd in vergelijking tot normaal MAG-lassen.

Laserlasnaden bij Docol 800 DP en Docol 1000 DP hebben dezelfde sterkte als het moedermetaal.

Alleen bij Docol 1200 DP en Docol 1400 DP is de sterkte van de las niet helemaal gelijk aan de sterkte van het moedermetaal.

De reden dat de sterkte hoger is bij laserlassen, is dat de warmteaanvoer een stuk lager is dan bij MAG-lassen, en dat het materiaal daardoor minder door de warmte wordt beïnvloed. In onderstaande

afbeelding worden de hardheidcurven voor gelaserlast Docol 800 DP- en Docol 1000 DP-staal weergegeven. De hardheidcurven geven aan dat de laserlassen smal zijn en dat er in principe geen zachte zones zijn. Daarom zijn laserlassen sterker dan MAG-lassen.

### Hoogfrequent lassen

Hoogfrequent lassen is een algemene en efficiënte methode voor het lassen van buizen. De hoogfrequente stroom verwarmt de plaatkanten snel tot een hoge temperatuur. Wanneer de zijkanten vervolgens onder hoge druk worden samengeperst, wordt het gesmolten materiaal naar buiten geperst en zal er een sterke verbinding ontstaan.

Docol UHS-staal kan hoogfrequent worden gelast. De sterkte van de lasnaad wordt voornamelijk bepaald door de eigenschappen in de verwarmde zone (HAZ).



### Oppervlakte-behandeling

Docol UHS-staal kan net als

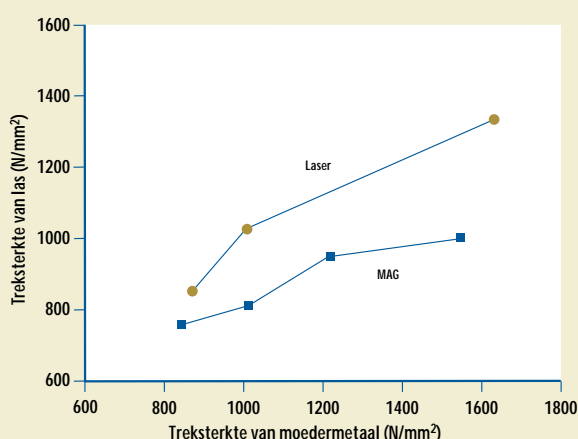
zacht staal tegen corrosie worden beschermd door middel van lakken, elektro verzinken, of door het toepassen van andere soorten coatings met zink en/of aluminium.

Bij elektro verzinken moet rekening worden gehouden met de gevoeligheid van het staal voor waterstofscheuren.

Uitvoerige laboratoriumonderzoeken en tests hebben aangetoond dat Docol UHS-staal zonder het risico van waterstofscheuren kan worden elektro verzinkt. Er zijn echter veel factoren die de gevoeligheid van staal beïnvloeden en daarom adviseren wij het materiaal bij kritieke toepassingen (zoals veiligheidsonderdelen) tijdens de planning van de oppervlakte-behandeling te evalueren.

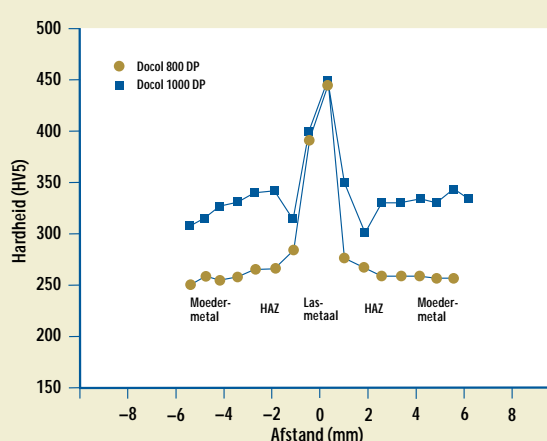
Door een behandeling waarmee de kans op water-

Sterkte van lasnaden



Sterkte van de lasnaad bij Docol UHS. Vergelijking tussen MAG en lasergelaste verbindingpunten (stomplas, plaatdikte 1,5–2,0 mm, twee gelijke staalklassen, belasting dwars op de las).

Hardheidcurven van lasergelast Docol UHS



Hardheidcurven van lasergelast Docol UHS-staal (Docol 800 DP, plaatdikte 1,0 mm, en Docol 1000 DP, plaatdikte 2,0 mm). Stomplasma, geen lasmetalen, warmteaanvoer van ca. 0,05 kJ/mm.





stofscheuren na het elektro verzinken wordt opgeheven (zie ISO 2081) wordt het materiaal ook minder gevoelig voor waterstofscheuren. Als alternatief kan er een oppervlaktebehandeling worden toegepast waarbij geen waterstof wordt gegenereerd, zoals Dacromet (Dacrolit) of Delta MKS. Het risico van waterstofscheuren wordt dan volledig voorkomen. In deze processen moet echter een droogfase voor de coating worden ingecalculleerd, en

moet er rekening worden gehouden met de maximale aanbevolen warmtebehandelingstemperatuur voor de relevante staalklasse om de hoge sterkte te handhaven.

Veiligheidsgordijn van Ansa Protection van Docol 1000 DP. Dit gordijn kreeg een eervolle vermelding tijdens de toekenning van de Swedish Steel Prize in 1999.

## Gereedschapsstaal

### Gereedschapsstaal voor ponsen en vormen van Docol UHS

In alle industriële productieprocessen is het belangrijk dat het vormen en knippen van stalen delen zonder problemen verloopt. De keten van ontwerp naar gereedschapsonderhoud omvat vele stadia, zoals weergegeven in onderstaand schema.

Voorwaarde voor het verkrijgen van een goede productiviteit en productiezuinigheid is dat al deze stadia correct worden uitgevoerd. Daarom is het van essentieel belang dat het juiste gereedschapsstaal wordt gekozen voor een snij- of knipbewerking.

Tijdens het knippen en/of vervormen kunnen er storingen optreden die kunnen leiden tot onbruikbaar gereedschap of het versneld optreden van defecten aan gereedschap.

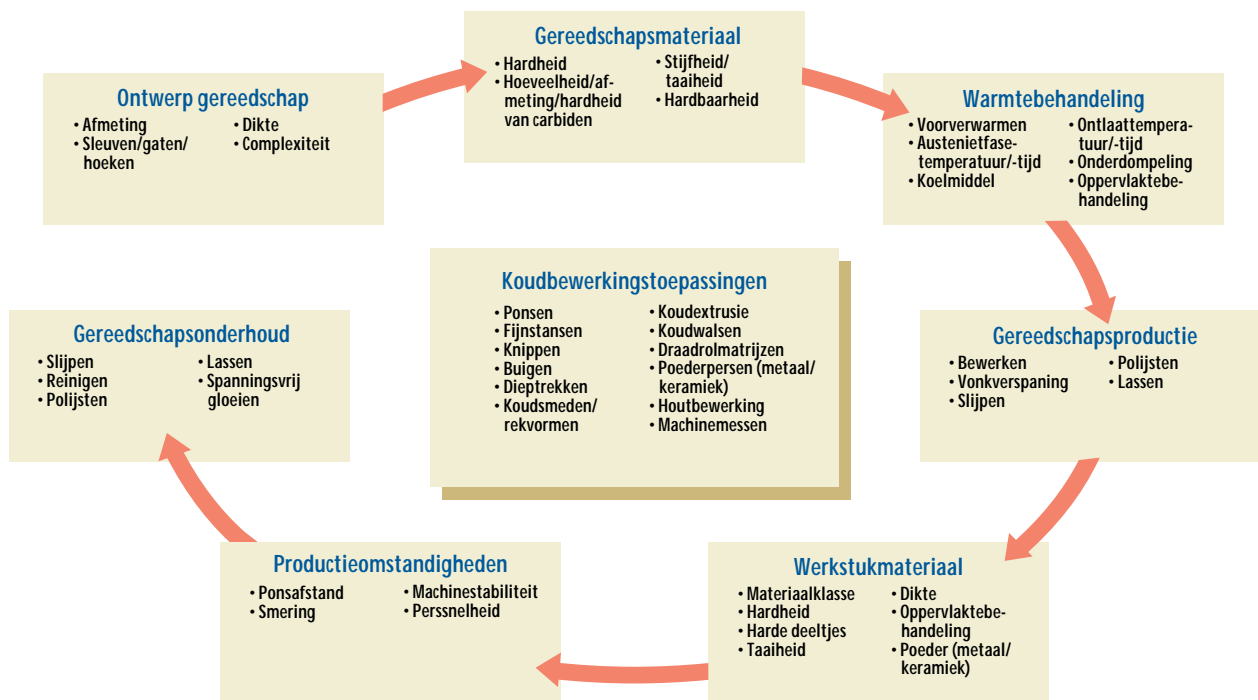
Bij de staalkeuze is het dan ook belangrijk te weten welke storingen er kunnen optreden. In de actieve delen van het gereedschap kunnen zich in principe vijf storingen voordoen:

- *Slijtage* door schuring of binding, gerelateerd aan het materiaal van het werkstuk, het soort bewerking en de wrijving tijdens schuifcontact.
- *Plastische vervorming* die optreedt wanneer de spanning en de samendrukbaarheid (hardheid) van het gereedschap niet overeenkomen.
- *Afbrokkelende zijkanen* die kunnen optreden wanneer de spanning en de taaiheid van het gereedschap niet corresponderen.
- *Scheuren* kunnen optreden wanneer de spanning en de stijfheid van het gereedschap niet op elkaar zijn afgestemd.

- *Pick-up* kan optreden bij een onjuiste afstemming van het materiaal van het werkstuk en de wrijving die optreedt tijdens schuifcontact. Dit pick-upmechanisme is nauw verwant aan adhesieve slijtage.

Plastische vervorming, afbrokkelende zijkanen en scheuren zijn vormen van storing die vaak leiden tot ernstige en kostbare productieonderbrekingen. Slijtage en pick-up zijn beter te voorspellen en kunnen grotendeels worden voorkomen door systematisch onderhoud van het gereedschap. Hierbij kan het de moeite waard zijn om meer slijtage te laten optreden en daarmee afbrokkelende zijkanen of scheuren te voorkomen.

Een bijzondere eigenschap bij het vormen en knippen van Docol UHS-staal is dat, bij een





Klasse gereedschapsstaal	Relatieve weerstand tegen storingen							
	Normen			Hardheid	Slijtvastheid		Vermoeingsweerstand	
	SS	ISO	DIN	Plastische vervorming	Schuring	Hechting	Begin van scheur	Voortplanting scheur
							Taaiheid – afbrokkelweerstand	Taaiheid – totaalbreukweerstand
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								

bepaalde plaatdikte, de krachten groter moeten zijn dan voor zacht staal: tijdens het vormen moet er namelijk een hogere vloeigrens worden overwonnen en tijdens het knippen moet er een hogere schuifsterkte worden overschreden. Dit betekent dat de spanning toeneemt, en dat de eisen aan de slijtvastheid en sterkte van het gereedschap ook toenemen. Het knippen is het meest gevoelig, aangezien hierbij een combinatie van een hoge slijtvastheid en een hoge weerstand tegen afbrokkelende zijanten/breuk van het

gereedschap nodig is, terwijl er voor het vormen alleen slijtvastheid nodig is.

In bovenstaande tabel wordt een relatieve vergelijking tussen koudbewerkte staalsoorten van Uddeholm Tooling in relatie tot de weerstand tegen deze schadelijke invloeden op gereedschap weergegeven.

Staalselectiehandleiding voor knippen				
Toegenomen plaatdikte/ vormcomplexiteit				Moelijke vorm
				Normale vorm
				Eenvoudige vorm
	Docol 800 DP	Docol 1000 DP	Docol 1200 DP	Docol 1400 DP
Korte productie-serie:	Rigor Arne Calmax	Sleipner Rigor Arne Calmax	Arne	
Lange productie-serie:	Vanadis 10 Vanadis 23 Vanadis 6 Vanadis 5 Sverker 21 Sleipner	Vanadis 6 Vanadis 23 Vanadis 4	Vanadis 4	

Vergeleken met ander staal bieden VANADIS-staalsoorten een goede combinatie van slijtvastheid en afbrokkelweerstand. Terwijl andere staalsoorten worden geproduceerd middels conventionele metallurgische methoden, worden VANADIS-staalsoorten geproduceerd met behulp van metaalkeramische methoden. Het verschil in eigenschappen wordt voornamelijk verklaard door het feit dat er bij de metaalkeramische methoden kleine, gelijkmatig verdeelde carbiden ontstaan die tegen schuren beschermen. Omdat deze carbiden zo klein zijn, is er bovendien minder kans op scheuren. Conventioneel staal met een goede slijtvastheid heeft grote, streepvormig verspreide carbiden die de mechanische sterkte van het materiaal nadelig beïnvloeden.

Aangezien geen twee productiemethoden gelijk zijn, is het moeilijk gericht advies te geven over de selectie van gereedschapsstaal voor een specifieke productietoepassing. Indien mogelijk is het beter uit te gaan van ervaring met eerdere interne productieprocessen met dezelfde mechanische apparatuur, en de staalkeuze geleidelijk te verbeteren door de prestaties van verschillende soorten te vergelijken. Als er geen ervaring voorhanden is, kan het schema links als leidraad worden gebruikt.

Alle gereedschapsstaal in de tabel op pagina 27 kan worden gebruikt voor de lagere sterkteklassen van Docol UHS-staal, dunnere platen en eenvoudigere constructies. Voor de hoogste sterkteklassen zijn evenwel slechts enkele staalsoorten geschikt, vanwege het

Bij het ontwerpen en produceren van gereedschap is het belangrijk scherpe hoeken, kleine radii en slecht behandelde oppervlakken te vermijden. De hoge werkspanning in combinatie met de hardheid van gereedschapsstaal veroorzaakt in zulke gebieden spanningsconcentraties.

Slijtage ontstaat meestal door schuring en is de voornaamste schadeveroorzaker bij het vervormen, al kan er ook adhesieve slijtage ontstaan vanwege de grote wrijving bij het vervormen van Docol UHS-staal. Poederstaal biedt de beste prestaties; verder biedt de storingstabel alle noodzakelijke informatie voor het kiezen van gereedschapsstaal. Omdat ultra hoog sterktestaal niet zo goed vervormbaar is als zacht staal, kunnen de gemaakte delen niet dezelfde kleine radii hebben als die bij zacht staal, hetgeen voor het gereedschap beter is.







## Docol UHS in uw ontwerp

De belangrijkste eigenschap van Docol UHS-staal is de hoge sterkte. Het staal kan een hoge mate van vervorming weerstaan voordat er plastische vervorming optreedt.

Hiermee kunt u uw voordeel doen bij een grote verscheidenheid aan ontwerpen en producten.

Het nieuwe ultra hoog sterktestaal biedt mogelijkheden voor het ontwerp en de fabricage van producten met nog betere prestaties - voor wat betreft kostenbesparing én voor wat betreft de verbetering van uw concurrentiepositie.

### Handvatten voor de ontwerper

Door zijn hoge sterkte is Docol UHS-staal geschikt voor het ontwerpen van lichte, dunwandige producten. Onthoud echter dat de uiteindelijke eigenschappen van het product worden bepaald door het ontwerp van de constructie, in combinatie met de materiaal-eigenschappen.

De belastbaarheid en de stijfheid bij het buigen van balken, profielen, e.d. worden aanmer-

## Wanneer heeft het gebruik van Docol UHS voordelen voor u?

Als u het volgende wilt bereiken:



**Gewichtsvermindering.** Verschillende producten, inclusief de 'eenvoudige' producten, kunnen met Docol UHS-staal vaak lichter en zuiniger worden gemaakt. Een veel dunner materiaal kan dezelfde belasting dragen als een product gemaakt van conventioneel staal.



**Hoge energieabsorptie,** bijv. kreukelzones en veiligheidsonderdelen voor auto's. Dankzij zijn grote sterkte, absorbeert Docol UHS-staal tijdens een vervorming grote hoeveelheden energie.



**Slag- en schokbestendigheid.** Ook hier speelt de hoge vloeigrens een grote rol. Docol UHS-staal kan aanzienlijke vervorming doorstaan voordat er permanente deuken en wijzigingen in de maatnauwkeurigheid optreden. Daardoor is Docol UHS-staal geschikt voor producten die bestand moeten zijn tegen een ruwe behandeling, of die op onbeschutte locaties worden geplaatst.



**Veerkracht en verschillende terugveerfuncties.** De terugveereigenschappen van het staal kunnen direct in een product van Docol UHS-staal worden toegepast.



**Beperkte plaatselijke spanningen.** Docol UHS-staal kan worden gebruikt voor het fabriceren van producten die elastischer zijn en daardoor langer meegaan. In veel gevallen kan een veerkrachtige structuur verschillende spanningsstromen beter absorberen dan een stijve structuur.



**Hoge slijtvastheid.** Docol UHS heeft een hoge weerstand tegen schuren. Daardoor is het geschikt voor producten die slijtvast moeten zijn.



**Robuuste producten** waarvoor grote sterkte is vereist.

kelijk beïnvloed door de hoogte van het deel en de verschillende versterkingen.

Versterkingen zoals rillen en gevouwen randen worden toegepast in delen van dun plaatstaal, om de neiging tot knikken te beperken en stijfheid toe te voegen zodat het materiaal ten volle kan worden benut.

Versterkingen zijn met name belangrijk bij het ontwerp van energieabsorberende delen zoals zijbalken voor autoportieren, waarbij knikken zelfs tijdens de plastische vervorming moeten worden voorkomen.

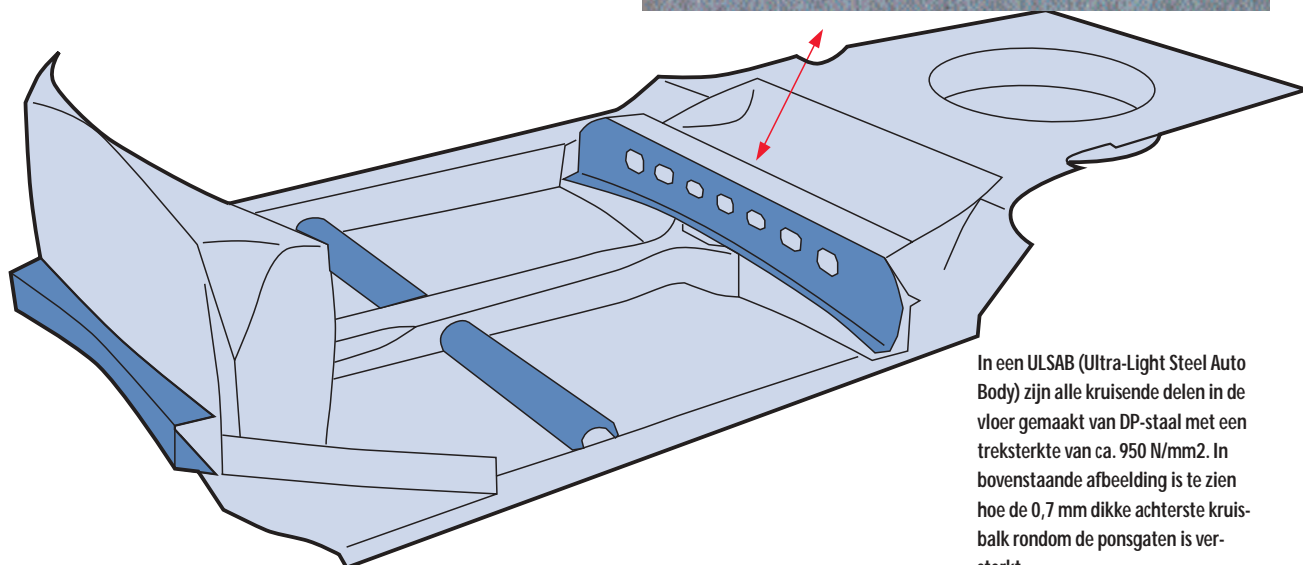
Rillen en verstevigingen kunnen direct in delen van Docol UHS-staal worden geperst. De persbaarheid van deze materialen is goed in verhouding tot hun hoge sterkte. Zorg echter dat de zijradii voldoende groot zijn en dat de trekdiepte gematigd is.

Tijdens lange productieseries kunnen met behulp van

walsen uitstekend profielen worden gefabriceerd. Tijdens het walsen kunnen rillen en zijvouwten meten op de juiste plaatsen worden aangebracht. Dankzij de hoge vloeigrens kan Docol UHS-staal tijdens het walsen in minder stadia worden gevormd, zonder dat er restspanning wordt ingebouwd.

Voor het vormen van delen van Docol UHS-staal moet tijdens de ontwerpfase rekening worden gehouden met voldoende compensatie voor de terugvering. Dit is ook van belang bij het ontwerp van de vormgereedschappen.

Met stressed-slice-actie in het ontwerp van staalplaten is een beter gebruik van het materiaal mogelijk. Probeer te voorkomen dat structurele delen van de staalplaat zich gedragen als plaatselijke doorbuigingen (waardoor hoge buigspanningen ontstaan).



In een ULSAB (Ultra-Light Steel Auto Body) zijn alle kruisende delen in de vloer gemaakt van DP-staal met een treksterkte van ca. 950 N/mm<sup>2</sup>. In bovenstaande afbeelding is te zien hoe de 0,7 mm dikke achterste kruisbalk rondom de pons-gaten is versterkt.

## Technische klantenservice en informatie

De klanten van SSAB Tunnpått worden bijgestaan door de vele bij het bedrijf werkzame deskundigen met jarenlange ervaring op het gebied van koudgewalst staal.

*De experts van de technische klantenservice* hebben een brede kennis van materialen en bewerking.

*De afdeling applicatietechniek* heeft een grote mate van deskundigheid omtrent dimensioneren, vervormen, lassen en oppervlaktebehandelingen.

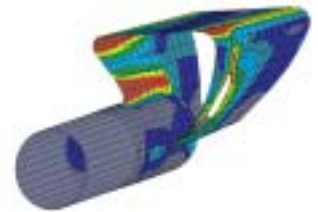
### Gebruik onze moderne analysetools

We maken gebruik van de allernieuwste tools om onze klanten te helpen bij het selecteren van de juiste staalklasse en het juiste ontwerp, bijv.:

*De FEM-analyse Finite Element Method* kan worden gebruikt voor het simuleren van alle stappen in de ontwikkeling van een deel, bijv. de selectie van de staalklasse, de matrijsvorm voor het

basismateriaal, de werkmethode en het uiteindelijke ontwerp van het deel. De FEM-analyse kan ook worden gebruikt voor het berekenen van het energieabsorptievermogen van een auto-onderdeel tijdens een botsing. Er kunnen computersimulaties worden gemaakt van alle denkbare variaties van gereedschapsontwerp, radiussen, deelontwerp, dikte en staalklasse, om zo tot de meest ideale oplossing te komen.

Door middel van *ASAME-apparatuur* kunnen we snel controleren of een klant de juiste combinatie van staalklasse en ontwerp heeft gekozen. Met ASAME wordt de verlengingsverdeling in geperste delen gemeten. De gegevens worden vervolgens door een krachtig computerprogramma verwerkt, waarna informatie wordt verkregen over hoe het gereedschap, de productiemethode en het ontwerp het materiaal beïnvloeden. De ASAME-appara-



Uit de FEM-analyse blijkt dat op sommige plaatsen in het materiaal de spanningen te hoog zijn.



Na een aantal relatief eenvoudige wijzigingen in het ontwerp en de geplande productie, toont de analyse aan dat de trekhaak aan alle eisen voldoet.

Onze cursussen en seminars trekken veel deelnemers. Lars Ståhlberg heeft de aandacht van de groep duidelijk te pakken.





tuur kan uiterst gedetailleerde analyses van complexe vormbewerkingen uitvoeren.

#### Cursussen en seminars

SSAB Tunnplåt organiseert geregeld cursussen en seminars voor diegenen die meer willen weten over onze producten en hun mogelijkheden, zoals:

*De cursus Plaatstaal* verschaft fundamentele kennis over de staalproductie, de eigenschappen van de verschillende staalsoorten en hun toepassingen.

*Seminars die meer diepgaande kennis bieden*, met name over dimensioneren, constructie, bewerking, vervormen en lassen.

*Klantspecifieke seminars, aangepast aan uw wensen.*

#### Handboeken

In onze handboeken is duidelijke informatie over onze producten te vinden:

*Het Sheet Steel Handbook* bevat de benodigde gegevens voor dimensioneren en ontwerpen, aangevuld met bewerkingsadviezen voor hoogsterkte staal. *Het Sheet Steel Forming Handbook* bevat informatie

over plastische vervorming en bewerking van staal.

#### Proefplaten

Wilt u weten hoe een nieuwe staalsoort zich in de productie gedraagt en of het staal geschikt is voor een bepaalde toepassing? Proefplaten zijn te bestellen via ons verkoopkantoor.

#### Productinformatie

Verdere informatie over onze staalsoorten en producten treft u aan in onze brochures Hoog Sterktestaal, Extra Hoog Sterktestaal en Ultra Hoog Sterktestaal. Deze brochures verschaffen gedetailleerde

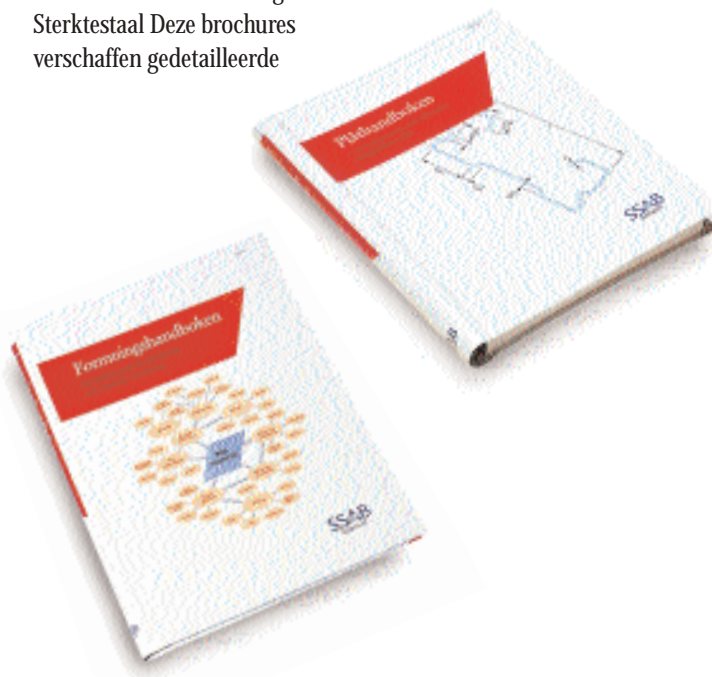
gegevens over specifieke producten, staalsoorten en bewerking.

#### Certificering

SSAB Tunnplåt is gecertificeerd volgens ISO 9002 en QS 9000.

Bezoek onze internet-paginas

[www.ssabtunnplat.com](http://www.ssabtunnplat.com)  
[www.businesssteel.com](http://www.businesssteel.com)  
[www.steelprize.com](http://www.steelprize.com)



## Aanbevelingen bij bestellingen

Ieder onderdeel van een bestelling dient normaliter in veelvouden van 18 kg per mm bandstaal te worden gedaan. Denkt u er bij het doorgeven van uw bestelling aan uw wensen of eisen te vermelden met betrekking tot:

- staalklasse (beschrijving, EN-nummer, onze benaming, standaardnummer e.d.)
- geschiktheid voor thermisch verzinken
- geschiktheid voor emailleren
- oppervlaktekwaliteit
- oppervlaktegesteldheid
- oppervlakteruwheid
- afmetingen, inclusief toleranties
- kantafwerking
- hoeveelheid
- levertijd
- met of zonder oliebescherming
- max. en/of min. bundelgewicht
- max. en/of min. rolgrootte (gewicht en/of diameter)
- verpakking
- keuringscertificaat
- eventuele andere wensen

## Belangrijk om te werten

- Bij het overstappen naar Docol UHS-staal hoeft maar uiterst zelden in nieuwe machinerie te worden geïnvesteerd. In de meeste gevallen is het voldoende de machines juist in te stellen.

- Er zijn geen grote productie-technische verschillen tussen Docol UHS-staal en zacht staal. Houd wel rekening met het volgende:

- *Gereedschap slijt sneller na een overstap naar Docol UHS-staal. Deze slijtage kan worden beperkt door een betere smering en een hogere kwaliteit gereedschapsstaal.*

- *De terugvering is hoger dan bij zacht staal.*

*Bij het buigen kan dit worden gecompenseerd door overbui- gen of door de perspinradius of de breedte van de matrijsopening te verkleinen. Bij het persen kan de terugvering worden beperkt door overcrowning van de pons of door de kracht van de plaataandrukker te verhogen.*

- *De trekbaarheid van Docol UHS-staal is niet zo goed als*

*die van zacht staal. Dit kan vaak worden gecompenseerd door grotere radii, een beperkte wrijving of door aanpassing van de persparameters.*

- *Docol UHS-staal kan worden gepuntlast aan gelijksoortig materiaal. De lasgegevens (kracht van de elektrode/las- tijd) moeten in vergelijking tot zacht staal wel worden aangepast. De mechanische eigenschappen van de verbinding zijn goed, maar het kan moeilijk zijn de diameter van de las- korrel op de gebruikelijke manier te bepalen.*

- De elasticiteitsmodulus van Docol UHS-staal is gelijk aan die van zacht staal, en de stijfheid van het deel zal daarom lager zijn bij een lagere materiaaldikte. Als een verhoogde doorbuiging echter niet acceptabel is, kan het verlies aan stijfheid worden gecompenseerd door de vorm van de dwarsdoorsnede te wijzigen. Daarnaast kunnen platte plaatoppervlakken worden verstevigd door middel van rillen.

- Balken en profielen met een breedte van meer dan 20 keer de plaatdikte kunnen knikken. Knikken betekent dat de plaat

knikt wanneer er een drukbelasting wordt toegepast.

Wanneer de belasting wordt weggenomen, verdwijnen de knikken.

- Warmtebehandeling van Docol UHS-staal tot een temperatuur boven de ontlaattemperatuur veroorzaakt een afname in de sterkte die toeneemt naarmate de temperatuur toeneemt. Bij oppervlakbehandelingen met een droogfase, zoals Dacromet of Delta MKS, moet de maximaal aanbevolen warmtebehandelingstemperatuur niet worden overschreden, anders zal het staal zijn hoge sterkte niet behouden.

- Voorzichtigheid is geboden bij het gebruik van Docol UHS-staal in producten die onderhevig zijn aan vermoeiingsbelastingen, wat vooral geldt voor gelaste constructies. Voor het plaatsen van lasnaden is gedegen kennis nodig. Lasnaden moeten niet onder hoge spanning staan.



## Milieu en recycling

Staal is een van de meest gerecyclede materialen ter wereld. Bijna de helft van de totale staalproductie vindt plaats op basis van gerecycled staal. SSAB Tunnpåt leveret Docol UHS-staal aan klanten die strenge milieueisen stellen en aan bedrijven die gecertificeerd willen worden op basis van hun milieuvriendelijke werkwijzen.

Moderne producten moeten in de toekomst weer voor nieuwe producten kunnen worden gebruikt. De sleutel daarvoor ligt in het ontwerpen van producten voor recycling. Factoren zijn de materiaalselectie, productieprocessen, oppervlaktebehandeling en verbindingsmethodes die kunnen voldoen aan huidige en toekomstige eisen met betrek-

king tot recycling, en die de materiaalconsumptie beperken.

### Milieuvoordelen van staal

Staal is magnetisch en kan daarom gemakkelijk worden gesorteerd. Staal bevat altijd gerecycled materiaal. Staal is voor honderd procent recycleerbaar. De infrastructuur voor het verzamelen en recyclen van staalschroot bestaat al geruime tijd en is rendabel. Circa negentig procent van alle autowrakken wordt hergebruikt. Zowel bij de nieuwe productie als bij het recyclen van staal, is minder energie nodig dan voor het maken van concurrerende materialen.





SSAB Tunnpåt AB is de grootste plaatstaalproducent van Scandinavië en toonaangevend in Europa op het gebied van ontwikkeling van ultra hoog sterktestaal.

SSAB Tunnpåt, dat deel uitmaakt van het concern Swedish Steel, realiseert een jaaromzet van SEK 10 miljard en heeft ca. 4400 medewerkers in dienst in Zweden. De productiecapaciteit is circa 2,8 miljoen ton per jaar.

Ons milieubeleid is gericht op een constante verbetering van de milieuvoorwaarden van het productieproces en de apparatuur voor het beheersen van de vervuiling. Onze producten worden continu verbeterd zodat deze tijdens hun levensduur het milieu zo min mogelijk belasten.

In onze moderne en hoogeffectieve productiestraten en walsenrijen voor bandstaal fabriceren wij de volgende producten:

#### **DOMEX**

Domex warmgewalste bandplaat

#### **DOCOL**

Docol koudgewalste plaat

#### **DOGAL**

Dogal plaat met metaalcoating

#### **PRELAQ**

Prelaq plaat met verfcoating

Wij helpen onze klanten bij het kiezen van het staalproduct dat hun concurrentiekracht optimaal ten goede komt. Onze ijzersterke punten zijn onder meer de kwaliteit van onze producten, de betrouwbare leveringen en de flexibele technische klantenservice.

ssabtunnplat.com

#### **SSAB Swedish Steel BV**

PO Box 131  
6640 AC Beuningen  
Tel +31 24 679 0550  
Fax +31 24 679 0555  
ssabnl@ssab.com  
ssab.nl

#### **SSAB Tunnpåt AB**

SE-781 84 Borlänge  
Sweden  
Tel +46 243 700 00  
Fax +46 243 720 00  
office@ssabtunnplat.com  
ssabtunnplat.com

#### **Denmark**

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

#### **Finland**

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

#### **France**

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

#### **Germany**

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

#### **Great Britain**

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

#### **Italy**

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

#### **The Netherlands**

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

#### **Norway**

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

#### **Poland**

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

#### **Portugal**

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

#### **Spain**

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

#### **USA**

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

#### **South Africa**

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

#### **China**

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

#### **Japan**

SSAB Swedish Steel Ltd  
Tel +81 33 456 3447

#### **Korea**

SSAB Swedish Steel Ltd  
Tel +822 761 6172

