



DOMEX[®]

Schweißen von Domex MC Kaltumformstählen

SSAB
SWEDISH STEEL



Domex® ist der Markenname für die warmgewalzten Bandbleche von SSAB Swedish Steel.

Domex MC hochfeste Stahlgüten sind niedriglegierte Kaltumformstähle, die für den Einsatz in der Bau- und Automobilbranche entwickelt wurden.

Das Schmelzschweißverfahren wird bei hochfesten Domex Stahlgüten bereits seit vielen Jahren angewendet und unterscheidet sich nicht grundlegend vom Schmelzschweißen von weichen Stahlgüten. Um die Vorteile dieser hochfesten Stähle optimal zu nutzen, muss der Schweißvorgang entsprechend genau gesteuert werden.

In dieser Broschüre wird das Schweißen von Domex MC Kaltumformstählen behandelt. Dazu zählen empfohlene Vorbehandlungen ebenso wie der eigentliche Schweißvorgang. Darüber hinaus werden Testergebnisse von schmelzgeschweißten, hochfesten Kaltumformstählen vorgestellt.

INHALT

4	Schweißen von Domex Kaltumformstählen
6	Schmelzschweißen
8	Hohe Festigkeit der Schweißnaht
9	Weiche Zonen
9	Hohe Zähigkeit
10	Nahtvorbereitung
10	Schweißfolgen
11	Testergebnisse
12	Zusatzwerkstoffe
14	Entspannungsglühen
14	Widerstandsschweißen
15	Laserschweißen

Domex Kaltumform- stähle für höchste Ansprüche

In dieser technischen Broschüre wird das Schweißen von Domex Kaltumformstahl, dem warmgewalztem Bandblech von SSAB Swedish Steel, erläutert. Die gängigsten Verfahren zum Fügen von Stahlteilen sind das Metalllichtbogenschweißen sowie das Schutzgasschweißen. Trotz seiner hohen Effizienz setzt das Schweißen gleich bleibende Eigenschaften des Stahls voraus.

Die Anwendung von Domex Kaltumformstählen ermöglicht den Kunden von SSAB Swedish Steel ihre Produkte effizienter und mit gleich bleibend hoher Qualität herzustellen.

Optimierte Produktion

Durch die Kombination aus Domex Kaltumformstahl, geeigneten Schweißverfahren und passender Zusatzwerkstoffe wird ein deutlich optimierter Produktionsprozess erreicht. Aufgrund des geringen Anteils an Schwefel und Kohlenstoff ist Domex unanfällig für Heiß- und Kaltbrüche. Dies gilt auch für die extrahochfesten Kaltumform-

stähle. Ein Vorwärmen des Werkstücks ist hierbei nicht erforderlich.

Wegen des geringen Anteils an Legierungselementen bei Domex Stahlgüten können sämtliche gängigen Schweißverfahren und Zusatzwerkstoffe angewandt werden.

Klare Vorteile

Der Einsatz von hochfesten Stählen bietet klare Vorteile. Ersetzt man beispielsweise eine 12 mm dicke weiche Stahlgüte durch 8 mm dicken Domex®, so verringert sich die Menge des Schweißguts und die Anzahl der Schweißvorgänge. Als Vorteile ergeben sich daraus:

- geringere Materialkosten
- kürzere Schweißdauer
- vereinfachte Nahtvorbereitung

Um weitere Informationen über Domex Kaltumformstähle zu erhalten, wenden Sie sich bitte an Ihren Ansprechpartner bei SSAB Swedish Steel, der Ihnen auch detaillierte Fragen zu diesen Werkstoffen beantworten kann.



Stähle mit homogener Zusammensetzung lassen sich besser schweißen

Schmelzschweißen

Beim Schweißen von Domex Kaltumformstählen können sämtliche gängigen Schmelzschweißverfahren eingesetzt werden, darunter die verschiedenen Arten des Schutzgas-schweißens (MAG und TIG), manuelles Lichtbogenschweißen (MMA), Unterpulverschweißen (SAW) sowie Plasma- und Laserschweißen. Diese Stähle weisen einen sehr geringen Anteil an Legierungselementen und nur wenige Schlackeeinschlüsse auf (siehe Tabelle 1 auf Seite 8). Es besteht daher kaum ein Risiko für das Entstehen von beispielsweise Heißrissen im Schweißgut, Kaltbrissen in der Wärmeeinflusszone (WEZ) oder Lamellenrisse am Blech in der Nähe der Schweißnaht aufgrund der geringen Festigkeit des Blechs in Dickerichtung. Diese Defektarten können mitunter beim Schmelzschweißen von Stahlgüten mit größeren Anteilen an Legierungselementen und Einschlüssen auftreten. Ihre hervorragende Schweißbarkeit besitzen Kaltumformstähle hauptsächlich aufgrund der geringen Anteile an Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor und Schlackeeinschlüssen.

Bei T-förmigen Schweißverbindungen wirken stärkere Belastungen in Dickerichtung. Befindet sich die Schweißnaht nahe einer Schnittkante, sind scharfe Defekte auf der geschnittenen Oberfläche möglichst zu vermeiden. Ansonsten können aus diesen Defekten Risse entstehen, selbst wenn der Stahl nur wenige Einschlüsse aufweist. Um eine glattere Oberfläche zu erhalten, bieten sich als Alternative zum Scheren thermische Schneidverfahren an.

Abbildung 1. Bei weichen, unlegierten Stahlgütern besitzen die Schlackeeinschlüsse in der Regel eine längliche Form. Dies kann leicht zu Defekten im Blech führen, sobald es in Dickerichtung belastet wird.

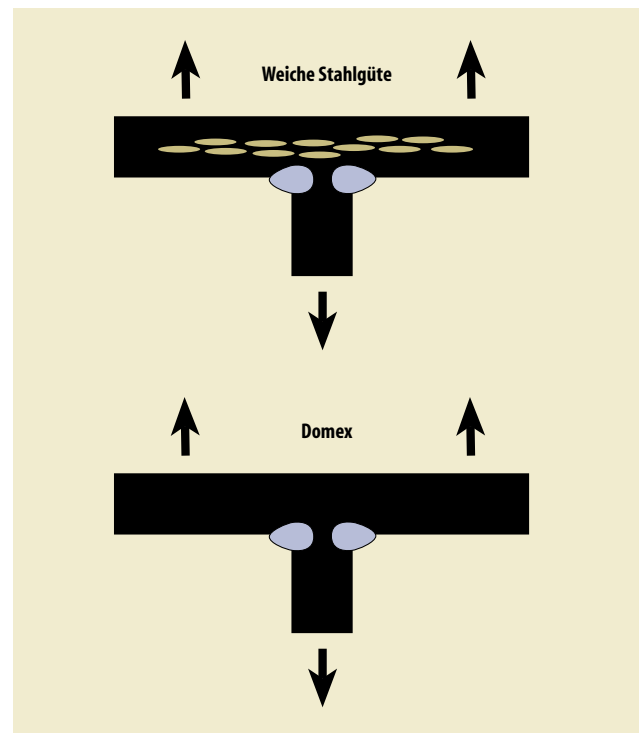


Abbildung 2. Aufgrund der geringeren Schlackeeinschlüsse verfügt Domex auch in Dickerichtung über eine hohe Festigkeit.

Unempfindlich gegen Kaltrisse

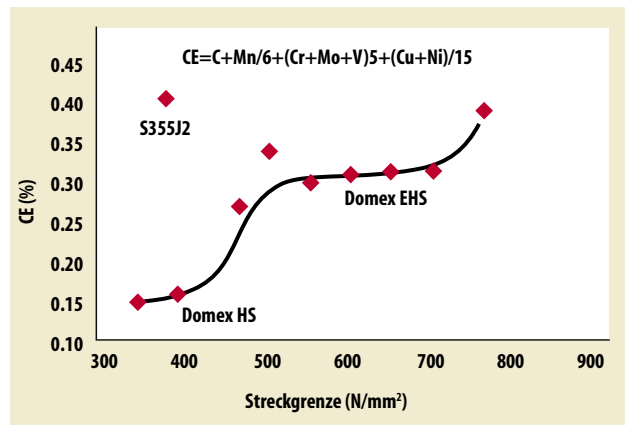
Das Risiko für Kaltrisse ist bei Kaltumformstählen sehr gering. Diese Art der Rissbildung entsteht bei relativ niedrigen Temperaturen (unter 200°C) durch Wasserstoffversprödung. Beim Schweißen von Kaltumformstahl jedoch bildet sich in der WEZ eine Mikrostruktur, die gegen Kaltrisse unempfindlich ist. Ungünstige Mikrostrukturen treten zum einen deshalb nicht auf, weil die meist geringe Materialdicke normalerweise eine niedrige Abkühlgeschwindigkeit zur Folge hat. Zum anderen ist der Stahl niedrig legiert.

Mit Hilfe von Kohlenstoff-äquivalent-Formeln lassen sich Stahlgüten hinsichtlich des Risikos gegen Kältrisse einstufen. Die gebräuchliche Formel hierfür lautet:

$$CE = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15$$

Die CE-Werte für hochfeste (HS) und extrahochfeste (EHS) Kaltumformstähle (Dicke=6 mm) werden in Abbildung 3 im Ver-

Abbildung 3. Kohlenstoffäquivalent-Werte im Verhältnis zu den gängigen Streckgrenzen der Domex Kaltumformstähle (HS und EHS) und S355J2G3, bei einer Dicke von 6 mm.



hältnis zu den gängigen Werten für die Streckgrenzen der jeweiligen Stahlgüten abgebildet. Der allgemeine Baustahl S355J2 (St 52-3) wird als Referenzwert dargestellt. Es ist deutlich zu sehen, dass die Kaltumformstähle im Verhältnis zu ihrer Festigkeit sehr niedrig legiert sind.

Kein Vorwärmen

Vor dem Schweißen ist in der

Regel kein Vorwärmen erforderlich. Normalerweise sollte auf das Vorwärmen verzichtet werden, es sei denn, es ist unbedingt erforderlich, da ansonsten die Zähigkeit und Festigkeit der Kaltumformstähle beeinträchtigt werden könnten.



Hohe Festigkeit der Schweißnaht

Durch das Schmelzschweißen von Domex Kaltumformstählen lassen sich problemlos Schweißverbindungen von hoher Festigkeit erzeugen, da für sämtliche Güten geeignete Zusatzwerkstoffe zur Verfügung stehen (siehe hierzu auch Tabelle 4 auf Seite 12). Dadurch erhält die Schweißnaht die Festigkeit des Grundwerkstoffes. Dies gilt auch für extrahochfeste Stähle, die unter den Kaltumformstählen die größte Festigkeit besitzen. In vielen Fällen können beim Schweißen von extrahochfestem Stahl auch niedrigere legierte Zusatzwerkstoffe verwendet werden, z.B. wenn die Schweißnaht keinen großen Belastungen

ausgesetzt ist. Zum einen sind diese Zusatzwerkstoffe günstiger, zum anderen bietet sich hier eine größere Auswahl. Als Faustregel gilt, dass die Festigkeit der Schweißnaht etwa mittig zwischen der Festigkeit des Stahlblechs und der Festigkeit des Zusatzwerkstoffes liegt, die sich aus den Datenblättern der jeweiligen Hersteller entnehmen lässt.

Beim manuellen Lichtbogenschweißen können sowohl rutile als auch basische Elektroden verwendet werden. Für die Stahlgüten Domex 315 MC bis Domex 420 MC empfehlen sich rutile Elektroden für kürzere Schweißnähte, wenn wenig Spritzer und gute Übergänge zwischen Schweißgut

und Grundwerkstoff gefordert sind. Basische Elektroden werden für alle anderen Fälle empfohlen. Sie sollen auch verwendet werden, wenn eine hohe Zähigkeit der Schweißnaht erreicht werden soll und beim Positionsschweißen. Bei der Lagerung der Elektroden ist darauf zu achten, dass sie keine Feuchtigkeit aufnehmen. Verunreinigungen an der Oberfläche wie Rost, Lack oder Feuchtigkeit müssen vor dem Schweißen beseitigt werden. Beim MAG-Schweißen wird reines Kohlendioxid oder ein Mischgas (ca. 80 Prozent Argon und 20 Prozent Kohlendioxid) verwendet, während beim TIG-Schweißen hauptsächlich reines Argon eingesetzt wird.

Tabelle 1. Chemische Zusammensetzung von Domex Kaltumformstählen

Chemische Zusammensetzung									
Stahlgüte	C (%) max	Si (%) max	Mn (%) max	P (%) max	S (%) max	Al (%) min	Nb (%) max	V (%) max	Ti (%) max
Domex 315 MC	0.10	0.03	1.30	0.025	0.010	0.015	0.09	0.20	0.15
Domex 355 MC	0.10	0.03	1.50	0.025	0.010	0.015	0.09	0.20	0.15
Domex 420 MC	0.10	0.03	1.50	0.025	0.010	0.015	0.09	0.20	0.15
Domex 460 MC	0.10	0.10	1.50	0.025	0.010	0.015	0.09	0.20	0.15
Domex 500 MC	0.10	0.10	1.60	0.025	0.010	0.015	0.09	0.20	0.15
Domex 550 MC	0.12	0.10	1.80	0.025	0.010	0.015	0.09	0.20	0.15
Domex 600 MC	0.12	0.10	1.90	0.025	0.010	0.015	0.09	0.20	0.15
Domex 650 MC	0.12	0.10	2.00	0.025	0.010	0.015	0.09	0.20	0.15
Domex 700 MC	0.12	0.10	2.10	0.025	0.010	0.015	0.09	0.20	0.15

Einige Dicken dieser Stahlgüten sind lieferbar mit max. 0.03% Si bei dünner Zinkbeschichtung. Soll der Werkstoff feuerverzinkt werden und eine Stahlgüte mit einem Siliziumanteil von höchstens 0.03% nicht verfügbar sein, dann sollte der Siliziumanteil etwa 0.2% betragen. Eine gewünschte Feuerverzinkung des Werkstoffs muss in der Bestellung angegeben werden.

Tabelle 2. Mechanische Eigenschaften von Domex Kaltumformstählen

Mechanische Eigenschaften							
Stahlgüte	Streckgrenze R_m (N/mm ²) min	Zugfestigkeit R_m (N/mm ²) min	Bruchdehnung min %		Praktische Anwendung Empfohlener Mindestbiegeradius ($\leq 90^\circ$) bei nominaler Dicke (t) in mm		
			A_{90} t<3	A_5 t≥3	t≤3	3>t≤6	t>6
Domex 315 MC	315	390 – 510	20	24	0.2xt	0.3xt	0.4xt
Domex 355 MC	355	430 – 550	19	23	0.2xt	0.3xt	0.5xt
Domex 420 MC	420	480 – 620	16	20	0.4xt	0.5xt	0.8xt
Domex 460 MC	460	520 – 670	15	19	0.5xt	0.7xt	0.9xt
Domex 500 MC	500	550 – 700	14	18	0.6xt	0.8xt	1.0xt
Domex 550 MC	550	600 – 760	14	17	0.6xt	1.0xt	1.2xt
Domex 600 MC	600	650 – 820	13	16	0.7xt	1.1xt	1.4xt
Domex 650 MC	650 ¹⁾	700 – 880	12	14	0.8xt	1.2xt	1.5xt
Domex 700 MC	700 ¹⁾	750 – 950	10	12	0.8xt	1.2xt	1.6xt

¹⁾ Bei Dicken >8 mm darf die Mindeststreckgrenze 20 N/mm² weniger betragen.

Weiche Zonen

Beim Schweißen von Kaltumformstählen mit höchsten Festigkeiten – ab Domex 550 MC aufwärts – bilden sich in der WEZ weiche Zonen. Diese sind die Folge von Veränderungen in der Mikrostruktur. Breite und Härte der Zonen hängen von der Dicke des Stahlblechs, der Arbeitstemperatur sowie der Wärmezufuhr ab ($Q=U \times I/v$, wobei U =Spannung, I =Stromstärke und v =Schweißgeschwindigkeit). Hohe Wärmezufuhr und eine geringe Blechdicke führen zu niedrigerer Härte und einer breiteren Zone. Bei normaler Wärmezufuhr hat es sich gezeigt, dass diese Zonen ohne Bedeutung sind. Wird die Schweißverbindung einer Belastung ausgesetzt, so entsteht in der weichen Zone schnell ein dreiachsiger Spannungszustand, der weitere Verformungen verhindert. Zum Bruch kommt es daher nicht in der weichen Zone, sondern entweder im Grundwerkstoff oder Schweißgut. Dies ist abhängig davon, welcher Zusatzwerkstoff verwendet wird und ob die Nahtüberhöhung abgeschliffen wurde.

Für eine 8 mm dicke Domex 700 MC Güte kann beispielsweise bei einer Stoßnaht eine maximale Wärmezufuhr von etwa 1.0 kJ/mm verwendet

werden, sofern an der Schweißnaht eine normale Zugfestigkeitsanforderung gegeben ist. Unter dieser Wärmezufuhr kann das 8 mm dicke Blech mit zwei Schweißlagen geschweißt werden. Bei der am häufigsten verwendeten Art von Schweißnähten, der Kehlnaht, kann mit höherer Wärmezufuhr gearbeitet werden (ca. 30-40%).

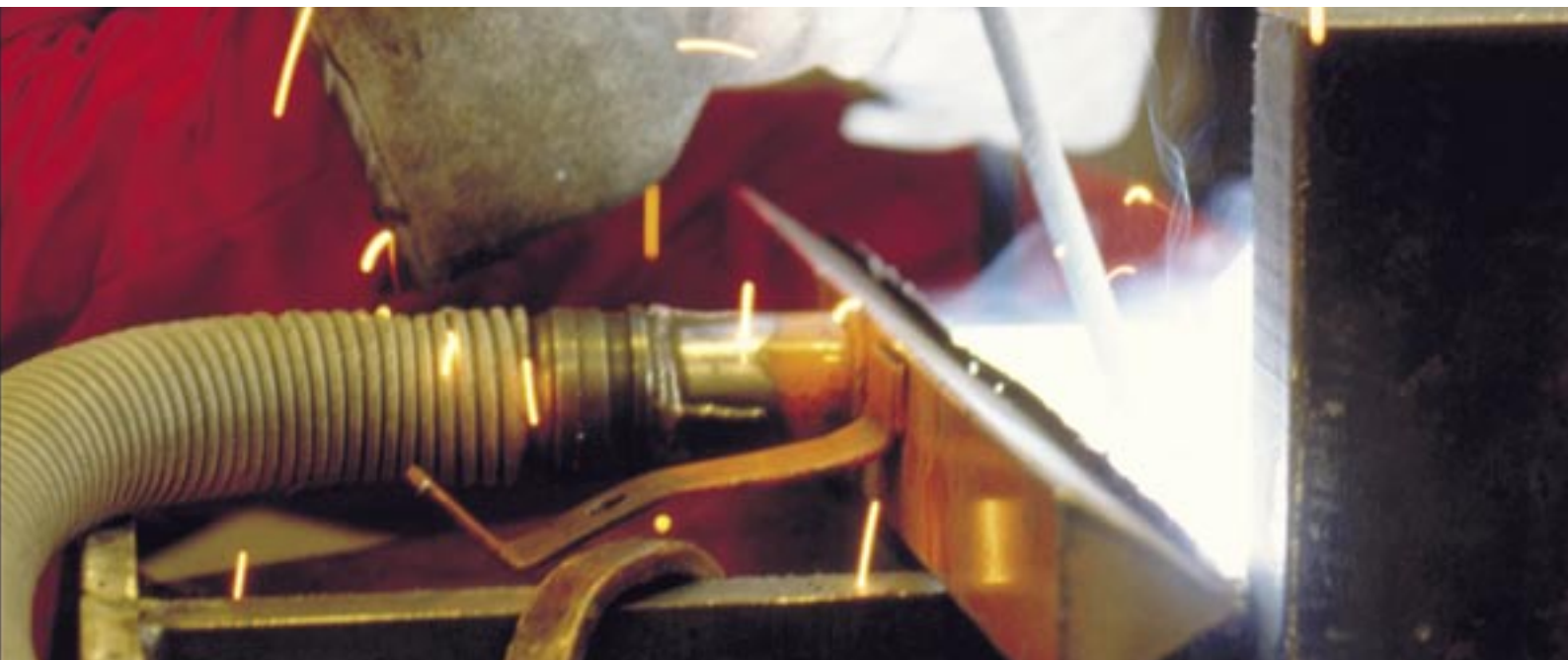
Hohe Zähigkeit der Schweißnaht

Um einen Sprödbbruch zu vermeiden, ist eine ausreichend hohe Schlagzähigkeit der geschweißten Konstruktion erforderlich. Dabei muss sowohl der Grundwerkstoff als auch das Schweißgut über eine hohe Schlagzähigkeit verfügen. Mit Domex Kaltumformstählen können die garantierten Eigenschaften bei der Schlagzähigkeit des Grundwerkstoffes auch an der Schweißnaht erreicht werden.

Damit das Schweißgut den Anforderungen an die Schlagzähigkeit entspricht, muss auch der gewählte Zusatzwerkstoff eine hinreichend hohe Schlagzähigkeit besitzen. Erfahrungen mit dem Schmelzschweißen von Kaltumformstählen haben allerdings gezeigt, dass die Schlagzähigkeit des Schweißguts deutlich höher ist als in den Katalogen der Anbieter von Zusatzwerkstoffen angegeben.

Die Schlagzähigkeit innerhalb der WEZ hängt von der Mikrostruktur des Stahls ab, die wiederum je nach Zusammensetzung des Stahls, Blechdicke, Arbeitstemperatur und Wärmezufuhr variiert. Die WEZ besteht aus verschiedenen Zonen, wobei die grobkörnige Zone in unmittelbarer Nähe zur Schmelzgrenze normalerweise die geringste Zähigkeit aufweist. Bei Kaltumformstählen kann jedoch die Schweißnaht samt der WEZ die Anforderungen des Grundwerkstoffes erfüllen. Damit extrahochfeste Stähle mit höchsten Festigkeiten die Anforderungen an die Schlagzähigkeit innerhalb der WEZ bei -20°C bei einer Stoßnaht erfüllen können, muss die Wärmezufuhr eingeschränkt werden. So darf bei einem 6 mm dicken Blech die Wärmezufuhr den Wert 0,7 kJ/mm nicht übersteigen, bei 8 mm Dicke liegt dieser Wert bei 0,75 kJ/mm. Unter dieser Wärmezufuhr können die 6 und 8 mm dicken Bleche mit drei Schweißlagen geschweißt werden. Bei Kehlnähten kann hingegen eine höhere Wärmezufuhr angewendet werden.

Mit Domex Kaltumformstählen können die garantierten Eigenschaften bei der Schlagzähigkeit des Grundwerkstoffes auch an der Schweißnaht erreicht werden. Der gewählte Zusatzwerkstoff muss eine hinreichend hohe Schlagzähigkeit besitzen.





Nahtvorbereitung

Bei Domex Kaltumformstählen kann die Nahtvorbereitung mittels Fräsen, Schleifen oder thermischen Schneidverfahren wie dem Brenn-, Plasma- oder Laserschneiden erfolgen. Für dünne Bleche (<4 mm) und reine I-Nähte eignen sich bei entsprechend guter Qualität der Schnittfläche auch herkömmliche Scherverfahren. Aufgrund des geringen Anteils an Legierungselementen ist bei diesen Stahlgüten vor dem thermischen Schneiden kein Vorwärmen erforderlich. Wie bereits erwähnt, ist die Gefahr eines Kaltrisses äußerst gering.

Für das thermische Schneidverfahren eignet sich eine Vielzahl an verschiedenen Gasen und Gasgemischen. Findet die Nahtvorbereitung allerdings mittels Plasmaschneiden statt, so ist bei der Verwendung von Luft oder Stickstoff als Plasma- gas Vorsicht geboten. An den Schnittflächen des Stahls kann es zur Stickstoffabsorption kommen, die beim nachfolgenden Schmelzschweißvorgang zur Porosität des Schweißguts führen kann. Dieses Problem lässt sich umgehen, indem man entweder ein anderes Plasma- gas verwendet oder vor dem Schweißen an den Schnittflächen etwa 0,2 mm abschleift.

Schweißfolgen

Die auf ein geschweißtes Werkstück wirkenden Kräfte bestehen aus der Belastung von außen sowie den inneren Spannungen durch das Schweißen (Schweißeigenspannung). Die Eigenspannung ist in der Regel sehr hoch und liegt auf gleicher Höhe mit der Streckgrenze.

Häufig ist eine Minimierung der Eigenspannung und der Schweißdeformationen an einer Konstruktion erforderlich. Es empfiehlt sich daher, vor

dem Schweißen einen Schweißplan zu erstellen. Darin sollten folgende Empfehlungen berücksichtigt werden:

- Das Schweißen sollte von den stärker beanspruchten Teilen der Konstruktion in Richtung der weniger stark beanspruchten Teile erfolgen.
- Weder der Anfang noch das Ende der Schweißnaht sollten sich in sehr hoch beanspruchten Bereichen befinden.
- Nach Möglichkeit sollte ein Zusatzwerkstoff verwendet werden, der eine geringe Festigkeit besitzt, aber allen anderen Anforderungen an die Schweißnaht entspricht.
- Es sollte ein symmetrischer Aufbau der Schweißnaht erfolgen.
- Die Querschnittsfläche der Schweißnähte sollte minimiert werden.

Ergebnisse der mechanischen Tests von Schweißverbindungen

Im Laufe der Zeit wurden bereits zahlreiche Studien zu Kaltumformstählen durchgeführt. Dabei wurden verschiedenste Werte der Wärmezufuhr und Zusatzwerkstoffe (gleich, niedriger und höher legiert) getestet. Um die Qualität der Schweißnaht zu bestimmen, wurden von sämtlichen Verbindungen Röntgenaufnahmen gemacht. Geprüft wurden die Schweißverbindungen unter anderem auf Festigkeit, Schlagzähigkeit bei unterschiedlichen Temperaturen (an diversen Zonen des Schweißguts und an

der WEZ), Biegebarkeit und Härtegrad. In Tabelle 3 werden einige Beispiele für die mechanischen Eigenschaften (Zugfestigkeit und Schlagzähigkeit) aufgeführt, die beim MAG-Schweißen von Kaltumformstählen (Stoßnaht) erzielt wurden. Sämtliche in Tabelle 3 verwendeten Schweißdrähte sind gleich oder höher legiert. Es wurde durchgehend ein Gasgemisch aus 80 Prozent Argon und 20 Prozent Kohlendioxid eingesetzt. Die Tabelle umfasst auch Ergebnisse von Plasma- und Laserschweißverfahren. Im Vorfeld des Zugversuchs wurden die Nahtüberhöhungen

an der Schweißnaht abgeschliffen. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die für den Grundwerkstoff geltenden Anforderungen an die Zugfestigkeit (siehe Tabelle 2) auch von der Schweißverbindung quer zur Schweißnaht erfüllt werden.

Die Schweißnaht ist damit mindestens ebenso stark wie das Stahlblech. Auch die Schlagzähigkeit des Schweißguts und der WEZ (Testtemperatur -20°C und/oder -40°C) sind sehr gut. Alle Verbindungen wurden zudem einem Biegetest mit einem Biegeradius der doppelten Blechdicke ausgesetzt, mit zufrieden stellenden Ergebnissen.

Tabelle 3: Zugfestigkeit und Charpy V Schlagzähigkeit von Schweißverbindungen mit einer Reihe von Güten der Domex Kaltumformstähle. MAG Schweißnähte (Stoßnähte, Mischgas, Abschleifen der Nahtüberhöhung vor dem Test, V-Nähte in 6 und 8 mm dicken Prüfstücken) sowie Laser- und Plasmaschweißverbindungen.

Schweißung Nr. (Methode)	Domex Stahlgüte (Dicke, mm)	Elektrode	Schweißlagen	Wärmezufuhr kJ/mm	Zugversuch (quer zur Naht)		Schlagversuch (Charpy V)			
					R _m MPa	Bruchstelle	Prüfrichtung	Position ¹⁾	Schlagenergie (J/cm ²)	
									-20°C	-40°C
1 (MAG)	Dx 355 MC (6)	OK 12.51	1	0.87	476	Grundwerkstoff	Längs	A B C	133 258 270	99 250 256
2 (MAG)	Dx500 MC (6)	OK 12.51	1	1.2	595	Grundwerkstoff	Längs	A B C	168 162 256	174 110 244
3 (MAG)	Dx 500 MC (12)	OK 12.51	1 2	1.3 1.5	636	Grundwerkstoff	Längs	A B C	61 138 275	42 46 120
4 (MAG)	Dx 650 MC (6)	TD-T90	1 2	0.73 0.81	810	WEZ	Quer	A B C		207 51 107
5 (MAG)	Dx 650 MC (8)	SG 700	1 2	0.61 1.2	774	Schweißgut	Quer	A B C	176 72 89	172 46 58
6 (MAG)	Dx 700 MC (3)	OK 13.13	1	0.29	829	Schweißgut				
7 (MAG)	Dx 700 MC (3)	OK 13.31	1	0.39	846	WEZ				
8 (MAG)	Dx 700 MC (8)	OK 13.31	1 2 3	0.88 0.94 0.95	836	Grundwerkstoff	Längs	A B C	71 80 156	52 69 61
9 (MAG)	Dx 700 MC (8)	OK 13.31	1 2	1.14 1.13	849	Grundwerkstoff				
10 (Plasma)	Dx 355 MC (3)	OK 12.51	1	0.65	455	Grundwerkstoff				
11 (Laser)	Dx 420 MC (8)	-	1	0.38	539	Grundwerkstoff	Längs	A B C	198	117 245 302
12 (Laser)	Dx 700 MC (6)	-	1	0.25	816	Grundwerkstoff	Längs	A B C	208 153 135	83 150 105

¹⁾ A = Schweißgut, B = Schmelzlinie, C = Wärmeeinflusszone 1 mm um die Schmelzlinie.

Table 4: Einige Beispiele von Zusatzwerkstoffen verschiedener Fabrikate, die sich für die Anwendung mit Domex Kaltumformstählen eignen. Die Zusatzwerkstoffe sind dabei vorwiegend gleich oder höher legiert. Es können auch andere Zusatzwerkstoffe eingesetzt werden, sofern diese die Anforderungen an die Schweißnähte der jeweiligen Schweißkonstruktion erfüllen.

Stahlgüte	Manuelles Lichtbogenschweißen, Mantelelektrode	Schutzgasschweißen		Unterpulverschweißen Draht/Pulver	Hersteller
		Fülldrahtelektrode	Massivdrahtelektrode		
Domex 315 MC Domex 355 MC Domex 420 MC	OK 48.00 Filarc 88 S P 48 S, Maxeta 22 Supercord	OK Tubrod 15.00 Filarc PZ6103 DWA 50 Fluxofil 12	OK Autrod 12.51 Filarc PZ6000 S Elgamatic 100 Spoolcord 21	OK 12.24/ OK Flux 10.62 - - Fluxocord 40/ Powder OP 121TT	ESAB Filarc ELGA Oerlikon
Domex 460 MC Domex 500 MC	OK 74.78 Filarc 88 S P 48 S, Maxeta 21 Tenacito 70	OK Tubrod 15.17 Filarc PZ6145 DWA 50, DWA 55E Fluxofil 41	OK Autrod 12.51 Filarc PZ6041 Filarc PZ6047 Elgamatic 103 Carbofil CrMo-1	OK 12.24/ OK Flux 10.62 - - Fluxocord 41/ Powder OP 121TT	ESAB Filarc ELGA Oerlikon
Domex 550 MC Domex 600 MC	OK 75.75 Filarc 108 Maxeta 110 Tenacito 75	OK Tubrod 15.27 Filarc PZ6147 - Fluxofil 42	OK Autrod 13.13 PZ 6047; PZ 6048 Elgamatic 135 Carbofil NiMo-1	OK 13.40/ OK Flux 10.62 - - Fluxocord 42/ Powder OP 121TT	ESAB Filarc ELGA Oerlikon
Domex 650 MC	OK 75.75 Filarc 118 P 110 MR; Maxeta 110 Tenacito 75	OK Tubrod 15.27 PZ132; PZ6148 - Fluxofil 42	OK Autrod 13.13 OK Autrod 13.29 OK Autrod 13.31 - Elgamatic 135 Carbofil NiMoCr Spoolcord TD-T90	OK 13.43/ OK Flux 10.62 - - Fluxocord 42/ Powder OP 121TT	ESAB Filarc ELGA Oerlikon
Domex 700 MC	OK 75.75 Filarc 118 P 110 MR; Maxeta 110 Tenacito 75 Tenacito 80	OK Tubrod 15.27 PZ6148; PZ 6149 - Fluxofil 42 SAF Dual 270	OK Autrod 13.13 OK 13.29; OK 13.31 - - Carbofil NiMoCr Spoolcord TD-T90	OK 13.43/ OK Flux 10.62 - - Fluxocord 70/ Powder OP 121TT	ESAB Filarc ELGA Oerlikon

Tabelle 5: Genormte Zusatzwerkstoffe für Domex Kaltumformstähle.

Stahlgüte	Manuelles Lichtbogenschweißen, Mantelelektrode	Schutzgasschweißen		Unterpulverschweißen Draht
		Fülldrahtelektrode	Massivdrahtelektrode	
Domex 315 MC Domex 355 MC Domex 420 MC	AWS: A5. 1 E7018 DIN1913: E5153B10 EN499: E42X-xx	AWS: A5.20 E71T-X DIN8558: T521 EN758: T42X-xx	AWS: A5. 18 ER70S-X DIN8559: SG 2 EN440: G42X-xx	AWS: A5.23-F7AX-EM12K -
Domex 460 MC Domex 500 MC	AWS: A5. 5 E9018 DIN8529: EY5543MnMoB EN499: E50X-xx	AWS: A5.29 E81T-X DIN7084: T541 EN758: T50X-xx	AWS: A5. 18 ER80S-X DIN8559: SG 2 EN440: G50X-xx	AWS: A5.23-F7AX-EX -
Domex 550 MC Domex 600 MC	AWS: A5. 5 E11018 DIN8529: EY6965 Mn2NiCrMoB EN757: E62X-xx	AWS: A5.29 E100T-X	AWS: A5.28 ER100S-X	AWS: A5.23-F10A4-EX
Domex 650 MC	AWS: A5. 5 E11018 DIN8529: EY6965 Mn2NiCrMoB EN757: E69X-xx	AWS: A5.29 E110T-X	AWS: A5.28 ER100S-X AWS: A5.28 ER110C-X DIN SGNiMoCr2	AWS: A5.23-F11AX-EX
Domex 700 MC	AWS: A5.5 E11018 DIN8529: EY6965 Mn2NiCrMoB EN757: E79X-xx	AWS: A5.29 E110T-X	AWS: A5.28 ER100S-X AWS: A5.28 ER110C-X DIN SGNiMoCr2	AWS: A5.23-F114X-EX

X= erforderliche Schlagzähigkeit muss berücksichtigt werden



Entspannungsglühen gegen Eigenspannung

Entspannungsglühen

Das Entspannungsglühen wird häufig bei dicken Blechen verwendet, um Eigenspannungen in den geschweißten Bereichen zu reduzieren. Bei allgemeinen Konstruktionsstählen wird auch das Entspannungsglühen eingesetzt, um einen verminderten Härtegrad und eine verbesserte Zähigkeit innerhalb der WEZ zu erreichen. Bei Domex Kaltumformstählen ist ein Entspannungsglühen zu diesem Zweck nicht notwendig, da der Härtegrad nicht verringert werden muss und geschweißte Domex Kaltumformstähle eine hervorragende Schlagzähigkeit besitzen. Ein Entspannungsglühen bei Kaltumformstählen ist nur dann erforderlich, wenn die Eigenspannungen reduziert werden sollen oder wenn Kaltumformstahl mit einem anderen Stahl verschweißt wird, der Entspannungsglühen erfordert. Ein Entspannungsglühen kann auch in der Fertigungsnorm vorgegeben sein.

Die empfohlenen Temperaturen für das Entspannungsglühen von geschweißten Kalt-

umformstählen betragen 550-650°C (Domex 315 MC - 420 MC) und 530-580°C (Domex 460 MC - 700 MC).

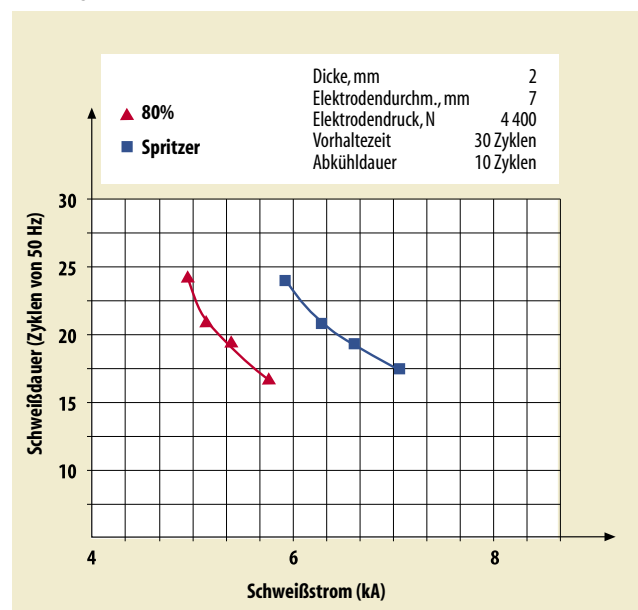
Widerstandsschweißen

Das Widerstandsschweißen kann unter anderem zum Fügen dünner Bandbleche aus Domex Kaltumformstählen genutzt werden. Zur Gruppe der Widerstandsschweißverfahren zählen Punkt-, Naht- und Buckelschweißen. Alle Güten der Kaltumformstähle lassen sich mit diesen Methoden problemlos schweißen, da sie eine niedrig legierte Zusammensetzung besitzen. Um ein optimales Schweißergebnis zu erzielen, kommt es besonders darauf an, den Anteil an Kohlenstoff, Phosphor und Schwefel möglichst niedrig zu halten. Die Güten Domex 650 MC und Domex 700 MC beispielsweise weisen unter Kaltumformstählen den höchsten Anteil an Legierungselementen auf. Die Zusammensetzung dieser Stähle bewegt sich noch innerhalb der Grenzen, die erfahrungsgemäß sehr

gute Ergebnisse beim Punktschweißen liefert. Optimale Ergebnisse lassen sich mit einer gebeizten oder gestrahlten Oberfläche erreichen.

Die für warmgewalzte Kaltumformstähle typischen Punktschweißversuche wurden mit 2 mm dickem Domex 650 MC durchgeführt, wobei eine gewöhnliche Überlappnaht mit 2+2 mm verwendet wurde. Die Testergebnisse sind im Schweißbereich in Abbildung 4 dargestellt. Diese Art von Schaubild wird häufig für das Punktschweißen verwendet und beschreibt die Variationsbreite bei der Stromstärke, die zulässig ist ohne dabei den Durchmesser des Schweißpunktes zu beeinträchtigen. In diesem Fall wurde der erforderliche Punktdurchmesser auf 80 Prozent des Durchmessers der Elektrodenspitze festgelegt, wie es in der Praxis üblich ist. Die Breite des Schweißbereiches – hier am Beispiel von Domex 650 MC – beträgt 1,2 kA und ist damit ausreichend.

Abbildung 4. Schweißbereich für Domex 650 MC.



Laserschweißen

Das Laserschweißen ist ein relativ neues Verfahren. Ein typisches Anwendungsgebiet für lasergeschweißte Stahlbleche ist die Automobilindustrie. In den letzten Jahren wurde das Laserschweißen zunehmend auch bei dickeren, warmgewalzten Stahlblechen eingesetzt. Verglichen mit dem MAG-Schweißen führt das Laserschweißen zu einer höheren Produktivität, da die Schweißgeschwindigkeit höher ist und weniger Schweißlagen erforderlich sind. Das Laserschweißen führt zudem zu weniger Verformungen und einer reduzierten WEZ am Grundwerkstoff.

Da die Wärmezufuhr beim Laserschweißen geringer ist als beim herkömmlichen Schmelzschweißen, erhöht sich auch die Abkühlgeschwindigkeit des Werkstoffes. Bei hochlegierten Stählen entsteht dadurch ein höheres Risiko von harten Zonen in der Schweißverbindung. Domex Kaltumformstähle hingegen besitzen sehr geringe Anteile an Legierungselementen, so dass sich an der Naht keine harten Zonen bilden. Im Zugversuch quer zur Schweißnaht versagt das Prüfstück nicht an der Naht, sondern am Grundwerkstoff selbst. Die Ergebnisse der Zugversuche mit lasergeschweißten Verbindungen werden in Tabelle 3 aufgeführt.



SSAB Tunnpå AB ist der größte Stahlblechhersteller Skandinaviens und in Europa führend bei extra- und ultrahochfesten Stählen.

SSAB Tunnpå AB, ein Unternehmen des Konzerns SSAB Swedish Steel, erwirtschaftet einen Jahresumsatz von 15 Milliarden schwedischen Kronen und beschäftigt ungefähr 4300 Mitarbeiter in Schweden. Unsere Produktionskapazität beträgt annähernd 2,6 Millionen Tonnen pro Jahr.

Unser Unternehmen verfolgt eine Umweltpolitik, die eine kontinuierliche Verbesserung aller Verfahren und Umwelteinrichtungen, 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 Feinblech

DOGAL

Feuerverzinktes Feinblech

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

Schweden

SSAB Tunnpå AB
SE-781 84 Borlänge
Tel +46 243 700 00
Fax +46 243 720 00
ssabtunnplat.com
office@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 SAS
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
ssab.pl

Portugal

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

Spanien

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

Tschechien

SSAB Swedish Steel s.r.o.
Tel +420 545 422 550
ssab.cz

USA

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

Brasilien

SSAB Swedish Steel, Ltda.
Tel +55 41 3014 9070
ssab.com.br

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

