

Inhalt :

- 1 Einführung
- 2 Geltungsbereich
- 3 Werkstoffbeschreibung
- 4 Punktschweißen
 - 4.1 Schweißeinrichtungen
 - 4.2 Schweißelektroden
 - 4.3 Schweißstellwerte
 - 4.4 Elektrodenstandmenge
- 4.5 Eigenschaften der Schweißverbindungen
- 5 Besondere Hinweise
- 6 Schrifttum

1 Einführung

Höherfeste Feinbleche zum Kaltumformen mit gewährleistetester Mindeststreckgrenze werden in zunehmendem Maße eingesetzt. In der Automobilindustrie tragen die höherfesten Stähle zur Gewichtsreduzierung, zur Erhöhung der passiven Sicherheit durch Verbesserung des Crashverhaltens und zur Steigerung der Beulfestigkeit bei.

Das Merkblatt hat die Aufgabe, den Anwender über das Punktschweißen dieser Stähle zu informieren und Richtwerte für das Durchführen der Schweißungen zu geben. Als Vergleichswerkstoff wird der Tiefziehstahl niedriger Festigkeit, im weiteren Tiefziehstahl genannt, herangezogen.

Weitere Hinweise zum Widerstandspunktschweißen sind in den folgenden Merkblättern enthalten:

DVS 2902: Widerstandspunktschweißen von Stählen bis 3 mm Einzeldicke (Teile 1 bis 4).

2 Geltungsbereich

Das Merkblatt gilt für das Punktschweißen von kaltgewalztem Band und Blech bis 3 mm Dicke mit höherer Streckgrenze zum Kaltumformen. Hierzu gehören die mikrolegierten Stähle (Streckgrenze von 240 MPa bis 400 MPa), die phosphorlegierten Stähle (Streckgrenze von 220 MPa bis 300 MPa) sowie die Stähle mit zusätzlicher Verfestigung nach Wärmeeinwirkung (Streckgrenze von 180 MPa bis 300 MPa).

3 Werkstoffbeschreibung

In Abgrenzung zu den Stählen niedriger Festigkeit zum Kaltumformen nach DIN EN 10130 weisen die in diesem Merkblatt behandelten Stähle höhere Streckgrenzen auf. Durch ihre chemische Zusammensetzung und die herstellungsbedingte Gefüge ergibt sich, gemessen an den höheren Streckgrenzen, dennoch eine gute Kaltumformbarkeit.

Die Herstellung dieser Stähle kann auf den gleichen Anlagen, wie sie für die Stähle niedriger Festigkeit verwendet werden, erfolgen. Beim Schmelzen des Stahles, das heute überwiegend an Oxygenkonvertern erfolgt, wird die chemische Zusammensetzung eingestellt. Im Anschluss an das vorwiegend angewendete

Stranggießen wird der Werkstoff zu Warmband gewalzt. Die Temperaturführung ist hier bereits von großer Bedeutung für die mechanischen Eigenschaften des künftigen Kaltbandes. Nachdem in der Beize die Zunderschicht entfernt wurde, die sich durch das Warmwalzen gebildet hat, erfolgt das Kaltwalzen auf Enddicke in mehreren Stichen. Das Kaltwalzstahlfertigband wird im Anschluss daran in einem Haubenglühhofen oder einem Durchlaufglühofen rekristallisierend gewalzt. Dabei bietet der Durchlaufglühofen durch flexible Temperaturführung die Möglichkeit, die Glühbedingungen an die Stahlart genau anzupassen. Sowohl der Kaltwalzgrad in den einzelnen Stufen als auch die Glühbedingungen wirken sich auf die erzielbaren mechanischen Werkstoffeigenschaften aus. Vor dem Einölen und Aufwickeln erfolgt ein leichtes Nachwalzen (Dressieren) der Bänder. Durch das Dressieren werden die definierte Rauheit und die endgültigen mechanischen Eigenschaften eingestellt.

Die im Merkblatt behandelten Stahlsorten sind in Tabelle 1 angegeben und nach ihrer Streckgrenze bei Raumtemperatur eingeteilt. Tabelle 2 gibt für repräsentative Stahlsorten eine typische chemische Zusammensetzung nach der Schmelzanalyse an. Zur Steigerung der Festigkeiten der behandelten Stähle werden verschiedene Verfestigungsmechanismen einzeln oder in Kombination genutzt.

– Ausscheidungshärtung mit Kornfeinung durch Mikrolegierung
Bei der Herstellung von mikrolegierten höherfesten Stählen wird die gewünschte Ausscheidungshärtung durch Legieren mit karbidbildenden Elementen wie Titan und Niob erreicht. Geringe Zusätze von einigen Hundertstel- bis maximal einigen Zehntel-Prozent dieser Elemente – daher der Begriff Mikrolegierung – bewirken eine hohe Festigkeitssteigerung durch Kornfeinung und Ausscheidungshärtung. Mikrolegierte Stähle mit den Mindeststreckgrenzen von 240 bis 400 MPa werden unter der Bezeichnung H240LA bis H400LA in der europäischen DIN EN 10268 erfasst.

– Mischkristallverfestigung durch Zulegieren von beispielsweise Mangan und Phosphor

Durch Phosphorzugaben von maximal 0,1 % in Verbindung mit den Elementen Mangan und Silizium lassen sich Mindeststreckgrenzen bis 300 MPa einstellen. Phosphorlegierte Stähle mit den Mindeststreckgrenzen von 220 bis 300 MPa werden unter der Bezeichnung H220P bis H300P im Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 094 erfasst.

– Streckgrenzensteigerung durch Wärmeeinwirkung zum Beispiel beim Lackeinbrennen

Eine weitere Gruppe der höherfesten Stähle sind die „Bake-hardening“ (BH)-Stähle. Sie sind bei Raumtemperatur alterungsbeständig und erfahren durch eine Wärmebehandlung, zum Beispiel beim Lackeinbrennen, eine Streckgrenzensteigerung von etwa 40 MPa. Erreicht wird dieser Effekt durch einen definierten Gehalt an gelöstem Kohlenstoff im Ferrit, der sich beim Lackeinbrennen an den Versetzungen ausscheidet und so die Streckgrenze anhebt. Der besondere Vorteil liegt darin, dass diese gut kaltumformbaren Stähle neben der Verformungsverfestigung eine zusätzliche Festigkeitszunahme durch die Wärmebehandlung erfahren.

BH-Stähle mit den Mindeststreckgrenzen von 180 bis 300 MPa werden unter der Bezeichnung H180B bis H300B in dem Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 094 erfasst.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Widerstandsschweißen“

Tabelle 1. Stahlsorten und ihre mechanischen und technologischen Eigenschaften¹⁾ im Lieferzustand nach DIN EN 10268, DIN EN 10027-1, DIN V 17006-100 sowie Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 093 und 094.

Stahlsorte					Eigenschaften			
DIN EN 10027-1 + DIN V 17006-100	DIN EN 10268	SEW 093	SEW 094	Werkstoff- nummer	Streckgrenze $R_{p0,2}$ oder R_{eL} ²⁾ [N/mm ²]	Zugfestigkeit R_m [N/mm ²]	Bruchdehnung ³⁾ A_{80} min [%]	Dorndurchmesser beim technologischen Biegeversuch a = Probendicke Biegewinkel 180°
Stahlsorten mit Mikrolegierung								
	H240LA	ZStE 260		1.0480	240 ... 310	> 340	27	D = 0a
	H280LA	ZStE 300		1.0489	280 ... 360	> 370	24	D = 0a
	H320LA	ZStE 340		1.0548	320 ... 410	> 400	22	D = 0a
	H360LA	ZStE 380		1.0550	360 ... 460	> 430	20	D = 0,5a
	H400LA	ZStE 420		1.0556	400 ... 500	> 460	18	D = 0,5a
Stahlsorten mit Phosphorlegierung								
	H220P		ZStE 220 P	1.0397	220 ... 280	340 ... 420	30	D = 0a
	H260P		ZStE 260 P	1.0417	260 ... 320	380 ... 460	28	D = 0a
	H300P		ZStE 300P	1.0448	300 ... 360	420 ... 500	26	D = 0a
Stahlsorten mit Streckgrenzenerhöhung durch Wärmeeinwirkung (Bake-hardening)								
	H180B		ZStE 180 BH	1.0395	180 ... 240	300 ... 380	32	D = 0a
	H220B		ZStE 220 BH	1.0396	220 ... 280	320 ... 400	30	D = 0a
	H260B		ZStE 260 BH	1.0400	260 ... 320	360 ... 440	28	D = 0a
	H300B		ZStE 300 BH	1.0444	300 ... 360	400 ... 480	26	D = 0a

¹⁾ Die Werte gelten bei Erzeugnissen mit einer Breite > 250 mm für Querproben, bei Erzeugnissen mit einer Breite < 250 mm für Längsproben.
²⁾ Die Werte gelten bei nicht ausgeprägter Streckgrenze für die 0,2-%-Dehngrenze ($R_{p0,2}$), sonst für die untere Streckgrenze (R_{eL}).
³⁾ Für die Oberflächenart 0,5 RP und RPG sowie bei besonderen Anforderungen an die Ebenheit sind die Werte für die Mindestbruchdehnung um zwei Prozent niedriger.

Tabelle 2. Beispiele für die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzelementanalyse von typischen höherfesten Stählen.

Stahlsorte	C	Si	Mn	P	S	Al _{ges.}	Nb	Ti
	(Massenanteile) %							
			höchstens			min.		höchstens
H320LA ¹⁾	0,10	0,50	1,00	0,030	0,030	0,015	0,09	0,22
H260P ²⁾	0,07	0,50	0,70	0,080	0,030	0,020	-	-
H300B	0,06	0,50	0,70	0,080	0,030	0,020	-	-

¹⁾ Alle Stähle enthalten im allgemeinen Zusätze an Niob und/oder Titan; auch Mangan kann zugesetzt werden. Die Summe der Gehalte an allen drei Elementen darf 0,22 % nicht überschreiten.
²⁾ % C + % P < 0,16.

4 Punktschweißen

4.1 Schweißeinrichtungen

Zum Punktschweißen von höherfesten Stählen aus niedrig legierten Stählen können die gleichen Schweißeinrichtungen wie zum Schweißen von Tiefziehblechen verwendet werden (siehe auch Merkblatt DVS 2907). Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass bei gleicher Blechdicke höhere Elektrodenkräfte erforderlich sein können.

4.2 Schweißelektroden

Es werden die gleichen Schweißelektroden wie bei Tiefziehblechen empfohlen. Angaben über Werkstoffe sowie Form und Abmessung der Elektroden sind in DIN ISO 5182 und DIN ISO 5184 enthalten. Darüber hinaus sind weitere Hinweise im Merkblatt DVS 2903 aufgeführt.

4.3 Schweißinstellwerte

Das Widerstandspunktschweißen höherfester Stähle erfordert im Vergleich zu Tieflaststählen eine Anpassung der Schweißinstellwerte. Um unter Betriebsbedingungen die Einhaltung der Toleranzgrenzen für die Qualität gewährleisten zu können, sind ausreichend große Einstellbereiche für die Schweißparameter erforderlich. Dies gilt insbesondere für den Schweißstrom. Der

Einstellbereich des Schweißstromes ist definiert als der Abstand zwischen dem Maximalstrom, bei dem unerwünschtes Spritzen auftritt, und dem Minimalstrom, bei dem ein definierter Punkt- bzw. Linsendurchmesser gerade noch erreicht wird. Für den jeweiligen Werkstoff wird der Schweißstrombereich in Abhängigkeit von der Elektrodenkraft und/oder der Schweißzeit ermittelt. Bild 1 zeigt das Schweißbereichsdiagramm für einen Tiefziehstahl und einen höherfesten Stahl bei variiertem Elektrodenkraft. Bei höherfesten Stählen sind für einen ausreichend breiten Strombereich in der Regel höhere Elektrodenkräfte erforderlich als bei Tiefziehstählen.

Die Qualität der Punktschweißverbindung ist von vielen sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren abhängig, wobei auch die elektrischen und mechanischen Maschineneigenschaften eine wichtige Rolle spielen. Angaben zu den Einstellwerten der Maschine und der Steuerung können deshalb nur Richtwerte sein. Einstell-Richtwerte für das zweiseitige Punktschweißen von höherfesten Feinblechen mit Blechdicken von 0,5 bis 3,0 mm sind in Tabelle 3 angegeben. Je nach Anforderung an das Tragverhalten der Punktschweißverbindungen im Bauteil ist der Linsendurchmesser festzulegen. In der Tabelle sind Daten für Mittelzeitschweißungen angegeben, und zwar für mittlere und kleinere Linsendurchmesser. Ausgehend von den Tabellenwerten müssen die Schweißparameter für die jeweilige Schweißaufgabe optimiert werden.