

Das Merkblatt ist als Hilfe für den Verarbeiter hochfester Sonderbaustähle mit erhöhter Verschleißbeständigkeit gedacht. Es soll den aktuellen Wissensstand bei der schweißtechnischen Verarbeitung dieser Grundwerkstoffgruppe in kurzgefasster Form vermitteln.

Inhalt:

- 1 Einleitung
- 2 Thermisches Trennen
 - 2.1 Autogenes Brennschneiden
 - 2.2 Laserstrahl- und Plasmaschneiden
- 3 Schweißtechnische Verarbeitung
 - 3.1 Schweißreignung
 - 3.2 Schweißnahtvorbereitung
 - 3.3 Vermeidung wasserstoffinduzierter Kaltrisse
 - 3.4 Vorwärmen vor dem Schweißen
 - 3.5 Schweißtechnologische Hinweise
 - 3.6 Auswahl der Schweißzusatzwerkstoffe
- 4 Mitgeltendes Regelwerk
- 5 Weiterführendes Schrifttum

1 Einleitung

Sind Konstruktionen, z. B. in Abbau- und Erdbewegungsmaschinen, erhöhtem Verschleiß ausgesetzt, reicht für diese Anwendungen der Einsatz allgemeiner oder hochfester Baustähle nicht mehr aus, da diese Werkstoffe den speziellen Beanspruchungsbedingungen nicht mehr gerecht werden. Aus diesem Grund wurden ausgehend von den hochfesten Baustählen spezielle Feinkornstähle entwickelt, die sich neben einer sehr hohen Festigkeit durch eine besondere Verschleißbeständigkeit auszeichnen.

Hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung können die Sonderbaustähle mit erhöhtem Verschleißwiderstand im Vergleich zu hochfesten Baustählen höher legiert sein (normalisiert und wassergehärtete Güten > 400 HB) und erfordern daher erhöhte Aufmerksamkeit bei der Verarbeitung, insbesondere beim Brennschneiden und beim Schweißen. Stähle dieser Werkstoffgruppe sind durch Gehalte an Kohlenstoff zwischen ca. 0,40 bis 0,55 % und weitere Legierungs- und Begleitelemente gekennzeichnet. In der Regel sind diese Werkstoffe mittemperiert und feinkornbehandelt.

Gegenüber den hochfesten Baustählen zeichnen sich diese Werkstoffe u. a. durch eine zusätzliche Legierung mit dem Element Chrom aus. Aufgrund einer damit verbundenen Erhöhung der Einhärtbarkeit wirkt sich dies insbesondere beim überwiegend auftretenden Reibverschleiß positiv auf die Verschleißbeständigkeit aus, besonders wenn schwach saure Nassbedingungen vorherrschen.

Das Kohlenstoffäquivalent (CEV) nach DIN EN 10 025-1 beträgt in Abhängigkeit vom jeweiligen Hersteller zwischen 0,40 % (bei Härtewerten um 400 HB) und 0,60 % (bei Härtewerten von ca. 500 HB).

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

(Alle Angaben zu den Elementen in Prozent)

Bei den von unterschiedlichen Herstellern angebotenen kommerziellen Handelsmarken wird die Verschleißfestigkeit durch Angabe

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.

der Werkstoffhärte HB in der Produktbezeichnung angezeigt. Verschleißfeste Sonderbaustähle zeichnen sich durch Härten zwischen 275 und 600 HB aus. Die Stähle mit Härtewerten von 400 HB können als optimal bezüglich Verschleißfestigkeit und Verarbeitbarkeit angesehen werden.

Die verschleißfesten Sonderbaustähle werden entweder im normalgeglühten oder im luft- bzw. wasserergüteten Zustand angeliefert.

Normalisierte ferritisch-perlitische Stähle dieser Werkstoffgruppe erhalten ihre Härte hauptsächlich über einen Kohlenstoffgehalt von bis zu 0,55 %. Bei luftvergüteten Stählen kann der Kohlenstoffgehalt zur besseren Verarbeitbarkeit weiter abgesenkt werden. Sie sind zusätzlich legiert (Chrom, Molybdän) und weisen ein bainitisches Gefüge auf. Bei Kohlenstoffäquivalenten CEV von 0,70 % bis 0,80 % lassen sich Härten zwischen 275 und 325 HB einstellen.

Wassergehärtete Sonderbaustähle mit erhöhter Verschleißbeständigkeit erhalten ihre Härte nicht allein durch legierungstechnische Maßnahmen, sondern durch beschleunigte Abkühlung zur Einstellung eines martensitischen Gefüges. Mit zunehmender Dicke sind dabei höhere Legierungsgehalte notwendig. Gegebenenfalls können sie nach dem Härten noch angelassen werden. Im Bereich von Kohlenstoffäquivalenten CEV zwischen 0,40 % und 0,55 % sind somit Härten von 400 bis 600 HB erzielbar.

Die Streckgrenzen (R_{eL}) dieser Werkstoffe liegen zwischen 540 und 1300 N/mm². In diesem Zusammenhang muss darauf verwiesen werden, dass diese Stähle gegenüber herkömmlichen allgemeinen Bau- und Feinkornstählen über keine garantierten Festigkeits-, Dehnungs- und Zähigkeitseigenschaften verfügen.

Typische Vertreter dieser Gruppe sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Tabelle enthält ebenfalls charakteristische Härtewerte (nach BRINELL) dieser Stähle. Neu entwickelte Werkstoffe erreichen bereits Härtewerte von 600 HB.

Tabelle 1. Beispiele und charakteristische Härtewerte verschleißfester Sonderbaustähle.

DIN-Sorte	EN-Sorte	Werkstoff-Nr.	Härte Brinell (HB)	Wärmebehandlung
20 MnCr 6 5	20MnCr6-5	1.8704	275-300	N
21 MnCr 4 3	21MnCr4-3	1.8711	320	N, Q+T
23 MnCr 4 3	23MnCr4-3	1.8714	400	Q+T
24 MnCr 5 5	24MnCr5-5	1.8722	450	Q+T
28 MnCr 4 3	28MnCr4-3	1.8734	500	Q+T

N: normalgeglüht (normalised),
Q: vergütet (quenched),
T: angelassen (tempered)

Aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten dieser Stähle empfiehlt sich bei Forderungen nach verschleißfesten Auftragsschweißungen die Konsultation mit dem Stahl- bzw. Zusatzwerkstoffhersteller.

2 Thermisches Trennen

Verschleißfeste Sonderbaustähle können mit folgenden Prozessen thermisch getrennt werden:

- Autogenes Brennschneiden,
- Plasmaschmelzschnitten,
- Laserstrahlschnitten

Durch die beim thermischen Trennen erzeugte Wärme werden unmittelbar an der Schnittfläche Temperaturen bis zum Aufschmelzen erreicht. Zum Grundwerkstoff fällt die Temperatur exponentiell ab. Die Tiefe dieser Wärmeeinflusszone kann in Abhängigkeit vom thermischen Trennprozess zwischen 0,1 und 4 mm, gemessen im Blechkern, betragen.

Einen ausgeprägten Einfluss auf die Brennschneidbedingungen und die erzielbare Schnittflächengüte hat neben der Art des verwendeten Verfahrens und Brennschneidwerkzeuges der Oberflächenzustand der Erzeugnisse. Bei hohen Anforderungen an die Schnittflächengüte ist es erforderlich, Ober- und Unterseite des Werkstückes im Schnittfugenbereich von Zunder, Rost, Farbe und sonstigen Verunreinigungen zu säubern.

2.1 Autogenes Brennschneiden

Beim autogenen Brennschneiden ist aufgrund der Wärmewirkung der Heizflamme die Wärmeeinflusszone an der Blechoberseite deutlich breiter (bis zu 20 mm) als im Blechkern. Unmittelbar an der Schneidfläche erfolgt aufgrund der hohen Abkühlgeschwindigkeit eine martensitische Umwandlung, die maximale Härte ist dabei einzig eine Funktion des Kohlenstoffgehaltes. Bei den wassergehärteten Stählen erreicht die Härte an der Schneidfläche auch beim Brennschneiden mit Vorwärmung so wiederum das Niveau des Grundwerkstoffs. Bei den normalisierten ferritisch-perlitischen und luftvergüteten bainitischen Stählen tritt üblicherweise eine im Vergleich zum Grundwerkstoff höhere Härte auf. Mit abnehmender Schneidgeschwindigkeit und zunehmender Vorwärmtemperatur werden die Härtewerte bei diesen Stahltypen geringer. Die angrenzenden Bereiche werden angelassen.

Durch diese Anlasswirkung entsteht bei den wassergehärteten Stählen eine sog. Erweichungszone (Bild 1), in der die Härtewerte deutlich unter die des Grundwerkstoffs abfallen können. Bei den normalisierten Stahltypen sind dagegen keine signifikanten Erweichungen zu beobachten.

Die starken Temperaturunterschiede beim Brennschneiden können zu Spannungen und unter ungünstigen Bedingungen zu Kriechrisen vom Typ Aufhärtungsrisse führen. Daher erfordert das Brennschneiden von Stählen dieser Werkstoffgruppe besondere Sorgfalt.

Durch ein ausreichendes Vorwärmen der zu brennenden Bleche kann eine Rissbildung vermieden werden. Dieser Sachverhalt begründet sich in der Verringerung der Abkühlgeschwindigkeit, so dass die austenitisierte Zone weniger stark aufhärtert und die Schrumpfspannungen deutlich reduziert werden. So sollten die Hinweise in SEW 088 berücksichtigt werden. Einzelheiten zu den erforderlichen Mindestvorwärmtemperaturen sind beim jeweiligen Stahlhersteller zu erfragen.

Auch ein Nachwärmen und/oder eine verzögerte Abkühlung der Schnittflächen durch geeignete Isoliermaterialien unmittelbar im Anschluss an das Brennschneiden ist in diesem Zusammenhang vorteilhaft. Die Temperatur des Nachwärmens darf bei den wasservergüteten Stählen 250 °C nicht überschreiten. Bei angelassenen Stahlgüten gilt die Anlasstemperatur als maximal zulässig. Dagegen sind normalisierte Stahlgüten relativ unempfindlich gegenüber einer Wärmenachbehandlung, jedoch sollten auch hier Temperaturen über 600 °C vermieden werden. Bei den normalisierten und luftgehärteten Stählen wird durch eine Wärmenachbehandlung die Aufhärtung an der Schnittfläche wieder zum Teil rückgängig gemacht.

Werden die Schnittkanten bei der Weiterverarbeitung kalt umgeformt, etwa durch Biegen oder Abkanten, so sollten bei allen hochfesten Stählen mit erhöhter Verschleißbeständigkeit die durch das Brennschneiden aufgehärteten Zonen durch Überschleifen im Umformbereich beseitigt werden.

Wasservergütete hochfeste Stähle mit erhöhter Verschleißbeständigkeit, die hart sind (zwischen 400 und 600 HB aufweisen), sollten nicht für längere Zeit über 250 °C erwärmt werden, da sie sonst deutlich an Härte verlieren. Aus diesem Grund ist bei Brennschneiden die die Wärme nicht schnell genug abführen können (wie kleine Bauteile, Siebbleche, Lamellen, Messerschneidwerkzeuge), es ist vorzuziehen zu kühlen als vorzuwärmen. Das kann beispielsweise durch ein Brennen im Wasserbad geschehen, bei dem das zu schneidende Blech zu ca. 2/3 im Wasser liegt und somit die Wärme über das Wasser schnell abgeführt wird. Die resultierenden Schrumpfkkräfte sind in diesem Falle deutlich geringer, so dass sich auch eine Härterissgefahr aufgrund der schmalen Wurz reduziert.

2.2 Laserstrahl- und Plasmaschneiden

Die wesentlichen Vorteile des Laserstrahl- und Plasmaschneidens liegen in der höheren Schneidleistung und den schmalen Schnittfugen bei gleichzeitig geringem Wärmeeinbringen. Mit beiden Schneidverfahren lassen sich kleinste Teile, Lamellen und Siebbleche verzugsfrei und ohne Härteverlust schneiden. Auch auf ein Vorwärmen kann bei diesen Schneidverfahren verzichtet werden. Grundvoraussetzung für das Laserstrahlschneiden ist eine einwandfreie Oberfläche der Bleche, da der Laserstrahl auf

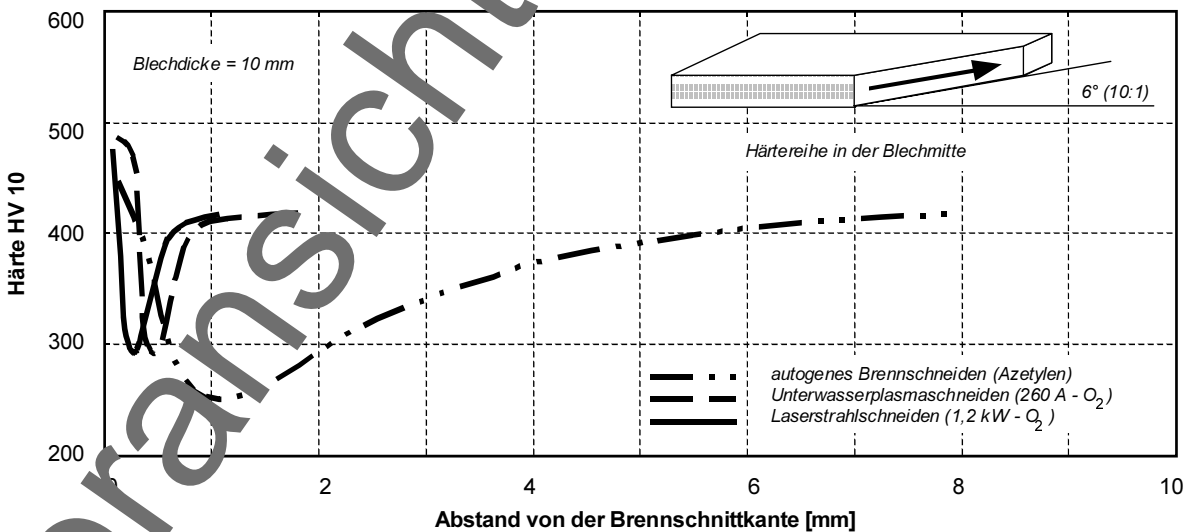


Bild 1. Beispiel für den Härteverlauf beim thermischen Schneiden eines wassergehärteten Sonderbaustahls mit erhöhter Verschleißbeständigkeit.