

Fachveranstaltung

Abendveranstaltung Eröffnung Anwendungszentrum

Donnerstag den 23.02.2006
Barleben

Themen:

Verarbeitung hochfester TM-Stähle
Dipl.Ing. Peter Gerster, Gerster Engineering
Consulting

Ultrasonic Impact Technology
Eine Möglichkeit zur Erhöhung der Lebensdauer von
Schweißkonstruktionen? Dipl.Ing. Peter Gerster

Anwendungszentrum
Konzept, Dienstleistungsangebot und Veranstaltungen
Dipl.Ing. Andreas Heydenreich/Michael Munk



Magdeburger Schweißtechnik GmbH
An der Sülze 6, 39179 Barleben
Tel. 039203-75193 Fax 039203-751940

MUNK GMBH
SCHWEISSEN SCHNEIDEN UMWELTECHNIK

MUNK GMBH
SCHWEISSEN SCHNEIDEN UMWELTECHNIK
06246 Bad Lauchstädt · Ahornstraße 3b · Tel:
034 635 - 22 0 22 · Fax: 034 635 - 22 0 25

Fachveranstaltung

Verarbeitung hochfester TM-Stähle

Dipl.Ing. Peter Gerster, Gerster Engineering
Consulting



Magdeburger Schweißtechnik GmbH
An der Sülze 6, 39179 Barleben
Tel. 039203-75193 Fax 039203-751940

MUNK GMBH
SCHWEISSEN SCHNEIDEN UMWELTECHNIK

MUNK GMBH
SCHWEISSEN SCHNEIDEN UMWELTECHNIK
06246 Bad Lauchstädt · Ahornstraße 3b · Tel:
034 635 - 22 0 22 · Fax: 034 635 - 22 0 25

Verarbeitung hochfester TM-Stähle im Fahrzeugbau

Dipl.-Ing. (FH) Peter Gerster, EWE, Ehingen

1 Entwicklung hochfester Feinkornstähle

Ständig steigende Anforderungen wie Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Zähigkeit, bis hin zu höchsten Festigkeitswerten bei guter Schweißbeignung, trieben die Entwicklung der Feinkornstähle immer weiter voran.

Durch den Einsatz optimierter Sekundärmetallurgie, sowie der Vakuumentgasungstechnik, konnten die Gehalte unerwünschter Begleitelemente wie z. B. Schwefel, Phosphor, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff soweit reduziert werden, daß sich immer optimalere Werkstoffwerte einstellen ließen. Beispielsweise können heute Stähle mit definierten Schwefel- und Stickstoffgehalten von nur wenigen ppm hergestellt werden.

Heute wird bereits der wasservergütete Feinkornstahl mit einer Streckgrenze von 1100 N/mm² (S1100QL) im Autokran verwendet. Durch die Weiterentwicklung der thermomechanischen Walztechnik in Verbindung mit einer nachfolgenden Intensivkühlung und anschließender Anlaßbehandlung bewegen sich neueste Entwicklungen bei TM-Stählen bis hin zu Streckgrenzen von 960 N/mm², **Bild 1**. Alle diese Stähle sind hochzäh und unter Beachtung von einschlägigen Verarbeitungsregeln gut schweißbar.

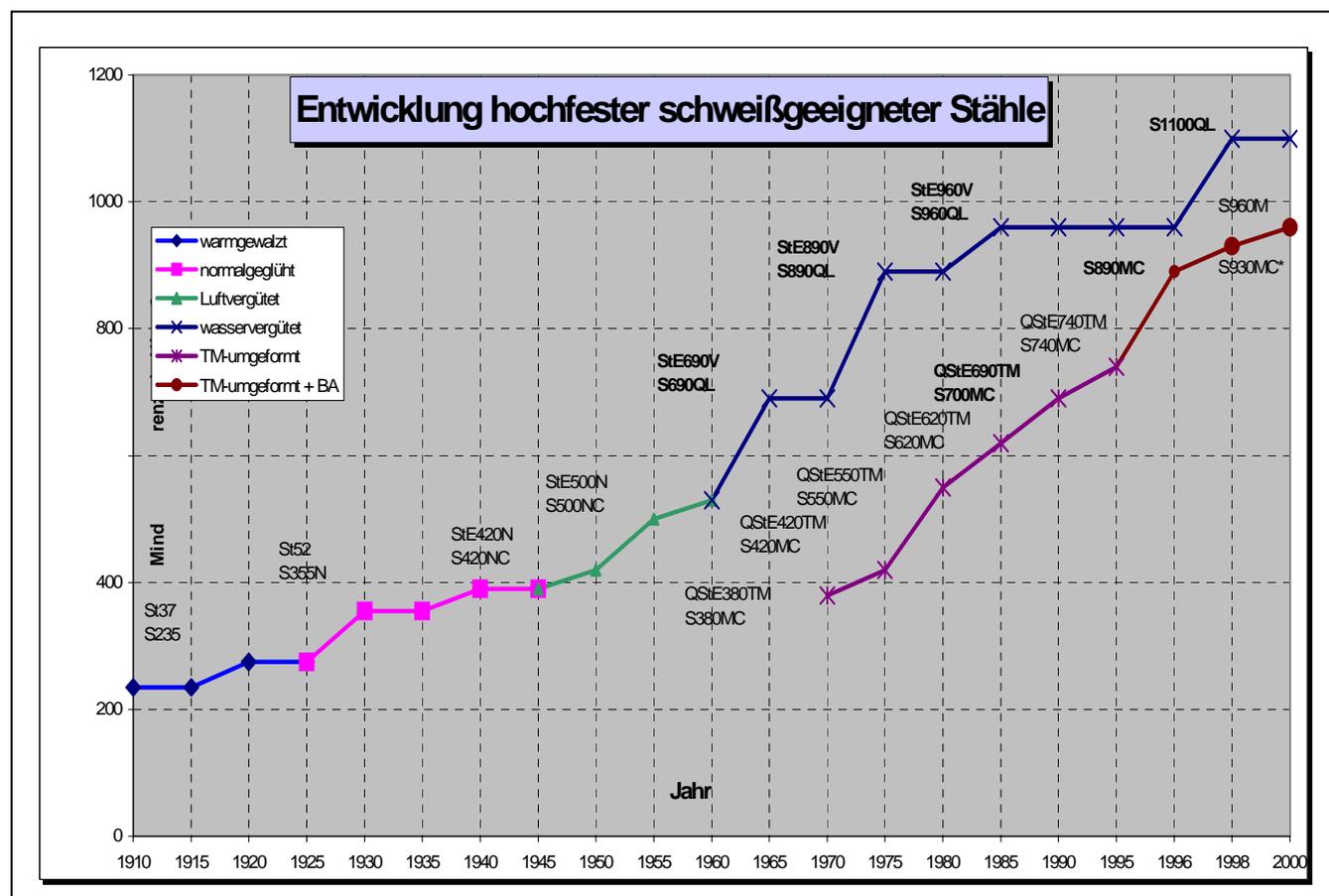


Bild 1. Stahlientwicklung

1.1 Methoden der Festigkeitssteigerung

Bei den ersten Stählen mit höherer Festigkeit wurde dies primär über chemische Zusammensetzung durch festigkeitssteigernde Elemente, vor allem Kohlenstoff und Mangan erreicht.

Aluminium bindet den gelösten Stickstoff und trägt so zur Verbesserung der Alterungsbeständigkeit bei. Durch die dabei entstehenden Al-Nitride wird das Kornwachstum behindert, sodaß das Gefüge feinkörniger wird. Umfangreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass aus diesem Grund auch das Schweißen in kaltumgeformten Bereichen ohne Beeinträchtigung der Zähigkeit möglich ist (entgegen DIN 18800).

Bei steigenden Festigkeiten ist die reine Mischkristallbildung bei C/Mn-Stählen nicht mehr einsetzbar, da die Grenzen der Schweißbarkeit schnell erreicht werden. In der weiteren Entwicklung wurden also andere festigkeitssteigernde Maßnahmen wie Kornfeinung, Teilchenausscheidung oder Versetzungsanhäufung einzeln oder in Kombination eingesetzt [1].

1.2 Eigenschaften von thermomechanisch gewalzten Feinkornstählen

Im Bereich niedriger und mittlerer Streckgrenzen geht die Tendenz zunehmend in Richtung der thermomechanisch gewalzten Stähle. „Als thermomechanisches Walzen bezeichnet man Walzverfahren mit einer Endumformung in einem bestimmten Temperaturbereich. Das führt zu einem Werkstoffzustand mit bestimmten mechanischen Eigenschaften, der durch eine Wärmebehandlung alleine nicht erreicht wird und nicht wiederholbar ist. Die Kurzbezeichnung für diesen Lieferzustand ist „M“ [2].

Anmerkung: Das thermomechanische Walzen kann Verfahren mit erhöhter Abkühlgeschwindigkeit (Intensivkühlung) ohne oder mit Anlassen einschließen.

Die Intensivkühlung mit Anlaßbehandlung wird bei TM-Stählen bei höheren Festigkeiten ab $R_{p0,2} > 700 \text{ N/mm}^2$ angewandt.

In Tabelle 1 werden die Vor und Nachteile von TM-Stählen gegenübergestellt. Aufgrund der Vorteile des TM-gewalzten Stahles wird sich dieser Werkstoff zukünftig vermehrt im Bereich der Stähle von 355 bis 690 N/mm² durchsetzen.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ∄ Je nach Blechdicke und Herstellverfahren deutlich geringerer Preis ∄ Bessere Ebenheit ∄ Wesentlich bessere Oberflächengüte ∄ Bessere Schweißbarkeit aufgrund geringerem CET (Kohlenstoffäquivalent) und damit keine oder geringere Vorwärmung erforderlich ∄ Geringere Abkantradien möglich 	<ul style="list-style-type: none"> ∄ Blechdicken eingeschränkt* ∄ Höhere Eigenspannungen ∄ Wärmebehandlung mit höheren Temperaturen oder Warmumformung nicht möglich ∄ Etwas geringere Zähigkeit <p>*Warmbreitband bis max.10 mm, Grobbleche intensivgekühlt und angelassen bis 25 mm Dicke</p>

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von TM-Stählen im Vergleich zu den wasservergüteten Stählen

2 Wirtschaftliche Kriterien f. den Einsatz höherfester Stähle in Stahlkonstruktionen

Aufgrund des hohen Kosten- und Wettbewerbsdruckes sind besonders die Hersteller schweißintensiver Produkte gezwungen, ständig ihre Fertigungsprozesse zu optimieren und die Produktion leistungsfähiger zu gestalten. Der Schlüssel dazu ist die Umsetzung neuer Technologien und damit die Erhöhung der Produktivität, beispielsweise durch den Einsatz neuer Werkstoffe. Dabei sind bei Stahlbaukonstruktionen hochfeste Stähle unverzichtbar und werden sich auch in Zukunft vermehrt durchsetzen. Dies gilt auch für den bauaufsichtlichen Bereich [3], wo bisher, neben den normalen Baustählen, nur normalisierend gewalzte Stähle mit 460 N/mm² Streckgrenze und vergütete Stähle mit 690 N/mm² Streckgrenze zugelassen sind. Im wesentlichen sind folgende Kriterien für den Einsatz hochfester Werkstoffe ausschlaggebend:

2.1 Erhöhung des Leistungsgewichtes Nutzlast / Eigengewicht

Durch den Einsatz höherer Streckgrenzen können insbesondere im Fahrzeugbau Energiekosten (Treibstoff) durch geringeres Eigengewicht eingespart werden. Im Mobilkransektor kann durch den Einsatz sogenannter Taxikrane, welche die Ausrüstung und das benötigte Gegengewicht am Fahrzeug integriert transportieren, auf ein weiteres Begleitfahrzeug verzichtet werden. Außerdem werden Transportwege reduziert, da höhere Nutzlasten/Fahrzeug bewegt werden. Andererseits können höhere Nutzlasten bei gleichem Eigengewicht realisiert werden, was sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit auswirkt.

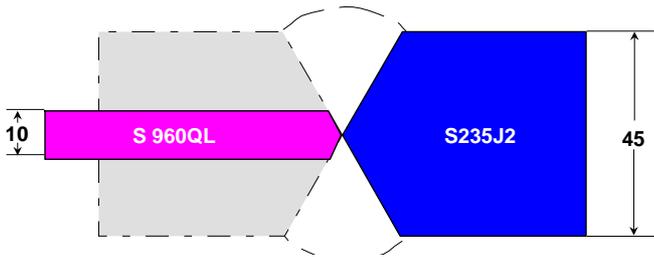
2.2 Verringerung der Material- und Fertigungskosten

Die Verwendung höherfester Werkstoffe führt zu einer der Streckgrenze proportionalen Verringerung der Blechdicke. Obwohl z.B. ein Stahl mit 890 N/mm² Streckgrenze im Einkauf ca. das Doppelte im Vergleich mit S235J0 kostet, fallen aufgrund des geringeren Gewichtes geringere Materialkosten an. Ein vielfaches geringer ist dabei auch das einzubringende Schweißgut. Somit werden die anfallenden Lohnkosten deutlich reduziert.

Bei solchen Betrachtungen darf jedoch der höhere Fertigungsaufwand z.B. durch Vorwärmen und der Konstruktionsaufwand, welcher zwangsläufig aufgrund des konstanten E-Moduls auftritt, nicht außer acht gelassen werden. Da die elastische Durchbiegung der Konstruktion oft aus funktionsbedingten und / oder psychologischen Gründen (Kranausleger, Fahrwerke) begrenzt ist, sind die Konstrukteure gefordert die nötige Steifigkeit über die Bauteilgestaltung zu realisieren. Die dabei erhöhten Kosten, z.B. durch mehr Versteifungsrippen müssen bei einer Wirtschaftlichkeitsrechnung gegengerechnet werden.

Trotzdem sind aufgrund der höheren Leistungs- und Kostenvorteile höchstfeste Feinkornbaustähle nicht mehr wegzudenken. Die Herstellung moderner Mobil- und Raupenkrane mit Nutzlasten bis zu 1000 t und mehr ist ohne diese Werkstoffe nicht möglich.

In Bild 2 ist das mögliche Einsparpotenzial dargestellt. Bei der Verwendung von S960 anstelle von S235 kann man allein beim Grundwerkstoff rund die Hälfte einsparen, da dieser nur ein Gewicht im Verhältnis 1:4,5 hat. Den höchsten Einspareffekt hat man bei den Lohnkosten, da das Schweißnahtvolumen im Verhältnis 1:16 steht und somit die Schweißzeit um ein Vielfaches reduziert wird.



x Randbedingungen:

- Abschmelzleistung 3 kg/h
- Lohn- und Maschinenkosten 60 DM/h
- Spez.Schweißnahtkosten = Schweißzusätze+ Schweißen
- Berechnungsgrundlage Re / 1,5

¹⁾ Streckgrenze = 215 N/mm² (40-63mm)

Kenngröße	S960QL (Verhältnis)	S235J2 ¹⁾ (Verhältnis)
-Streckgrenze N/mm ²	1	0,22
-Blechdicke mm	1	4,5
-Schweißdrahtkosten	1	0,31
-Schweißnahtvolumen	1	16
-Schweißgutkosten	1	5
-spez. Schweißnahtkosten ^x	1	11,5
-spez. Stahlkosten	1	2

Bild 2. Einsparpotenzial bei hochfesten Stählen

3 Schweißzusätze nach DIN EN - Normen

Da von den Schweißzusätzen bzw. der Schweißverbindung in der Regel die gleichen mechanisch-technologischen Eigenschaften erwartet werden, wie beim Grundwerkstoff, müssen diese entsprechend der Festigkeitsklasse legiert sein. Bei Wurzellagen und einlagigen Kehlnähten findet eine Auflegung des Schweißgutes durch den Grundwerkstoff statt. Streckgrenze und Zugfestigkeit werden dadurch im Vergleich zum „reinen“ Schweißgut erhöht. Man verwendet deshalb, vorallem bei hochfesten Stählen, für Wurzellagen und einlagige Kehlnähte üblicherweise niedriger legierte Schweißzusätze als für Füll- und Decklagen.

In letzter Zeit wurden die Normen für diese Schweißzusätze europaweit überarbeitet. Tabelle 2 zeigt einen Überblick über die neuen EN – Normen für Feinkornstähle.

	GAS	LBH	UP	WIG	MAG / MIG	MSG / FD
unleg. und Feinkornstähle	EN 12536	EN 499	EN 756	EN 1668	EN 440	EN 758
hochfeste Re > 500 N/mm²		EN 757	prEN 14295	EN 12534		EN 12535
Schutzgase / Pulver			EN 760	EN 439		
Lieferbedingungen	EN 759 und EN 12074					

Tabelle 2: EN-Normen für Kombinationen von Schweißzusätzen und Schweißverfahren

4 Schutzgase

Grundsätzlich sind alle Schutzgase nach DIN EN 439 für die MAG – Schweißung geeignet, wobei die Gase der Gruppe M 1 nur in Ausnahmefällen zur Anwendung gelangen. Wir setzen ein argonreiches Mischgas mit 18% CO₂ ein. Der Einfluß der Schutzgase auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften ist zu berücksichtigen. Dies gilt umso mehr, je höher die Festigkeit und je tiefer die Einsatztemperatur ist.

5 Schweißtechnische Voraussetzungen

Beim Schweißen von Feinkornstählen sind unbedingt an jedem Arbeitsplatz Möglichkeiten für das Vorwärmen zu schaffen. Die Kontrolle der Vorwärm- und Zwischenlagentemperatur kann mit Temperaturmessstiften, Magnet-Haftthermometer, digitalen Temperaturmessgeräten oder Pyrometer erfolgen.

Vor Beginn der Schweißarbeiten ist der Nahtbereich zu säubern. Schneidschlacke, Zunder und Rost sind dabei durch Bürsten, Schleifen oder am besten durch Strahlen zu entfernen. Durch Trocknen oder Vorwärmen ist außerdem sicherzustellen, dass der Nahtbereich feuchtigkeitsfrei ist.

5.1 Vermeidung von Kaltrissen

Ein wirksames Mittel ist das Vorwärmen. Es verzögert die Abkühlung des Nahtbereiches und begünstigt die Wasserstoffeffusion. Das Kaltrißverhalten von Stählen hat wesentlichen Einfluß auf die Schweißkosten. Es besteht deshalb großes Interesse, Stähle hinsichtlich ihres Kaltrißverhaltens einzustufen. Dies wird ermöglicht durch das in [4,6] aus umfangreichen Kaltrißuntersuchungen abgeleitete Kohlenstoffäquivalent CET. Es lautet:

$$\text{CET [\%]} = \text{C} + (\text{Mn} + \text{Mo}) / 10 + (\text{Cr} + \text{Cu}) / 20 + \text{Ni} / 40$$

Das Kaltrißverhalten von Schweißverbindungen wird außer von der chemischen Zusammensetzung des Grundwerkstoffes und des Schweißgutes CET auch von der Blechdicke d , dem Wasserstoffgehalt des Schweißgutes HD und dem Wärmeeinbringen Q beim Schweißen sowie dem Eigenspannungszustand der Verbindung maßgebend bestimmt. Durch die Auswertung einer Vielzahl entsprechender Untersuchungen wurde die Wirkung dieser Einflußgrößen auf die Vorwärmtemperatur deutlich [5]. Sie läßt sich mittels nachfolgender Summenformel beschreiben:

$$T_p [\text{C}] = 700 \text{ CET} + 160 \tanh(d/35) + 62 \text{ HD}^{0,35} + (53 \text{ CET} - 32) Q - 330$$

In dieser Gleichung bedeuten CET das Kohlenstoffäquivalent in %, d die Blechdicke in mm, HD den Wasserstoffgehalt in cm³ / 100 g deponiertes Schweißgut nach DIN 8572 und Q das Wärmeeinbringen in kJ/mm. Bei Schweißverbindungen mit günstigerem Eigenspannungsniveau sind niedrigere Vorwärmtemperaturen vertretbar. Im Falle von Schweißverbindungen mit extrem hohem Verspannungsgrad (z.B. bei Nähten an Stützen oder Rohrknöten) können jedoch höhere Vorwärmtemperaturen erforderlich sein.

Beim Auftreten von Kaltrissen stellt man immer wieder fest, dass zwar die richtige Vorwärmtemperatur gewählt, jedoch die tatsächliche Wärmeableitung am Bauteil nicht richtig eingeschätzt wurde. Zum einen muß die Vorwärmtemperatur in ausreichendem Abstand

von der Schweißnaht gemessen werden, zum anderen muß natürlich an Stellen, wo mehrere Schweißnähte zusammentreffen und damit neben der höheren Wärmeableitung noch dreidimensionale Spannungszustände auftreten können, welche die Kaltrissbildung zusätzlich begünstigen, auch sorgfältiger vorgewärmt werden.

5.2 Mechanisch-technologischen Eigenschaften von Schweißverbindungen

Die mechanischen Eigenschaften von Schweißverbindungen werden in erster Linie bestimmt durch die chemische Zusammensetzung von Stahl und Schweißgut sowie die beim Schweißen auftretenden Temperaturzyklen. Die wichtigsten Einflußgrößen bezüglich der Temperaturzyklen sind das Schweißverfahren, die Vorwärmtemperatur, die Streckenergie sowie die Werkstückdicke und die Nahtgeometrie. Diese verfahrenstechnischen Einflußgrößen fasst man zu einer für den Temperatur-Zeit-Verlauf beim Schweißen charakteristischen Kenngröße, die Abkühlzeit $t_{8/5}$ zusammen.

Eine zu schnelle Abkühlung der Schweißraupen aus dem Austenitgebiet wirkt sich ungünstig auf das Verformungsverhalten der Verbindung aus. Es besteht außerdem die Gefahr von Kaltrissen. Infolge des niedrigeren Wasserstoffgehaltes (HD ca. 2-3) beim MAG-Schweißen liegt die Mindestabkühlzeit $t_{8/5}$ zur Vermeidung von Kaltrissen hier bei 5 s.

Eine zu langsame Abkühlung der Schweißraupen aus dem Austenitgebiet hat dagegen zur Folge, daß die Festigkeitseigenschaften des Schweißgutes nicht mehr denen des Grundwerkstoffes entsprechen. Es besteht dabei außerdem die Gefahr, daß die WEZ eine zu niedrige Zähigkeit aufweist. Dies trifft vor allem bei dünneren Blechdicken zu

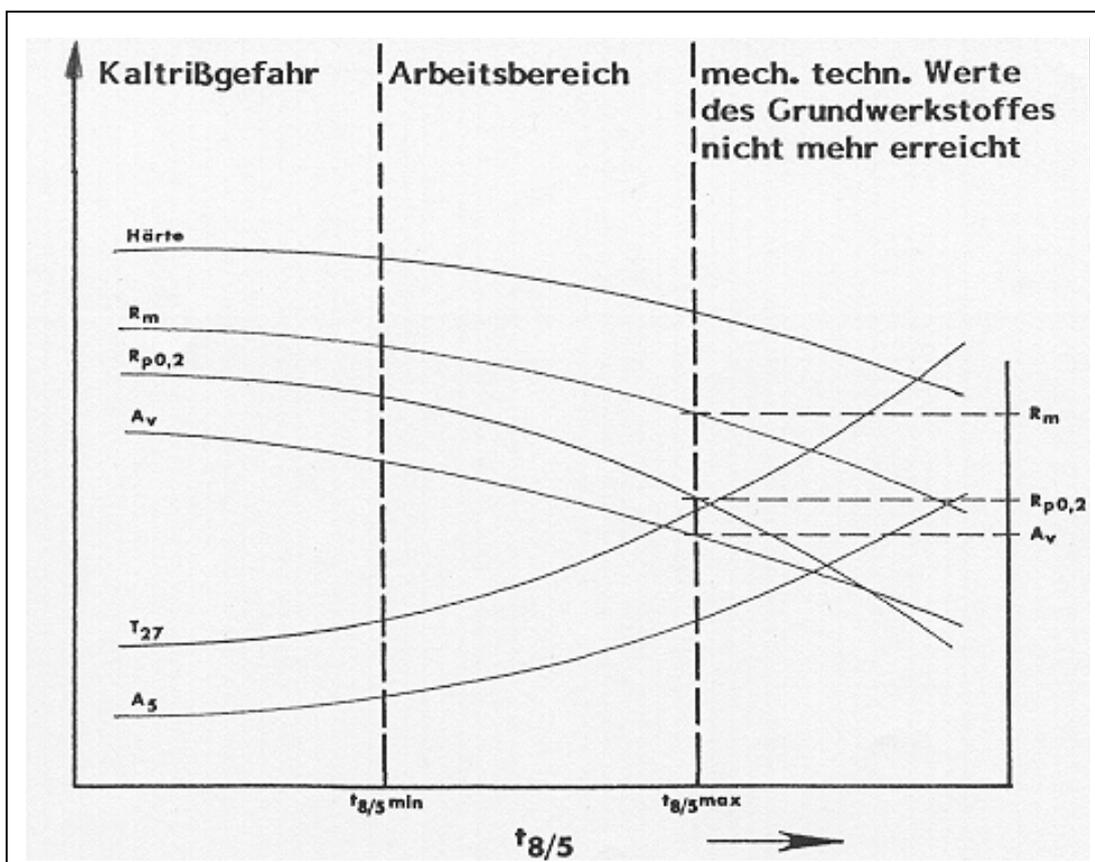


Bild 3.
Einfluss von $t_{8/5}$

Die mechanisch-technologischen Eigenschaften werden also hauptsächlich von $t_{8/5}$ beeinflusst. Die Abkühlzeit wird dabei von folgenden Einflussgrößen bestimmt:

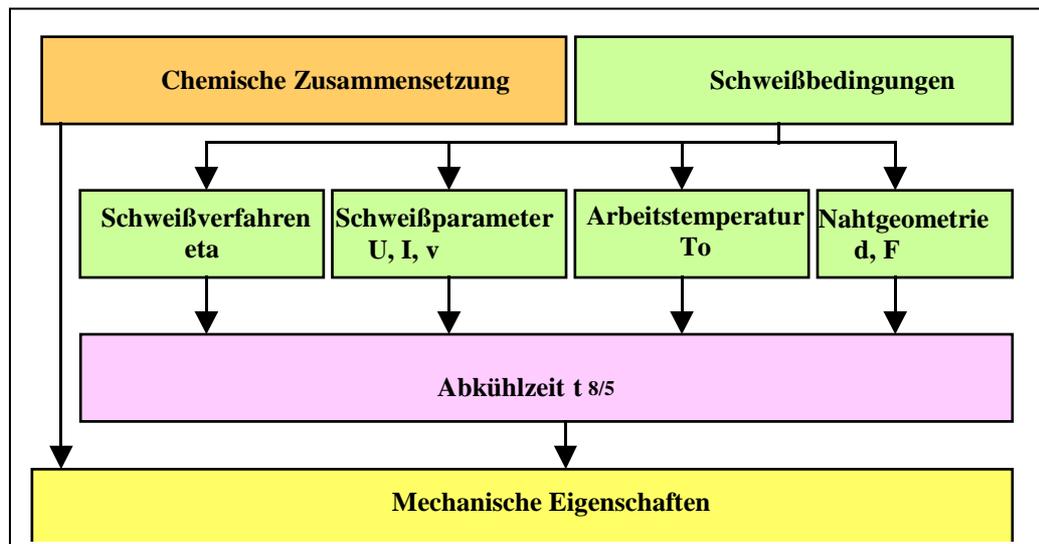


Bild 4. Einfluß von chemischer Zusammensetzung und Schweißbedingungen auf mechanische Eigenschaften

6 Schweißen

Bei den TM-Stählen z.B. S700MC haben wir aufgrund der dünneren Blechdicken (bei Warmbreitband im allgemeinen bis 8 mm, Quartobleche bis 15 mm) hauptsächlich mit größeren Abkühlzeiten zu tun. Dies bedeutet in der Praxis, dass die Problematik mit Kaltrissen eine untergeordnete Rolle spielt, jedoch die Entfestigung aufgrund zu großer Abkühlzeiten. Es ist deshalb zu beachten, dass die max. zulässigen Abkühlzeiten auf keinen Fall überschritten werden, d. h. in der Regel kleinere Streckenenergien und größere Schweißgeschwindigkeiten abhängig von der Blechdicke.

6.1 Überwachung der Schweißdaten

Die Überwachung der wichtigsten Schweißdaten beschränkt sich in der Praxis auf die Kontrolle der Vorwärmtemperatur und ggf. der Zwischenlagentemperatur sowie die Messung der Abkühlzeit $t_{8/5}$. Für den Praktiker ist es hilfreich, unter Verwendung der Diagramme im DVS-Merkblatt 0916 [8], die minimal und maximal zulässige Streckenenergie in Abhängigkeit der Blechdicke aufgrund der Vorgabe der Abkühlzeit zu bestimmen. Mit diesen Werten kann man in einem weiteren Diagramm abhängig vom Drahtelektroden-durchmesser die zugeordneten minimalen und maximalen Schweißgeschwindigkeiten ermitteln. Diese sind dann in der Praxis sehr einfach zu kontrollieren.

6.2 Qualifikation der Schweißer

Die Schweißer müssen eine Qualifikation nach DIN EN 287-1 für die Werkstoffgruppe W03 nachweisen. Interne Schulungen und Unterweisungen der Schweißer über Vorwärmen und ggf. Nachwärmen sowie die Einhaltung der geforderten Streckenenergie (Viellagentechnik) in Abhängigkeit der verwendeten Werkstoffe müssen laufend durchgeführt

werden. Dabei ist es sinnvoll, dass der Schweißer die Schweißgeschwindigkeit über den Nahtaufbau und Nahtquerschnitt einstellt, da dies jederzeit einfach kontrolliert werden kann.

7 Einsatzgebiete der thermomechanisch umgeformten Feinkornstähle

Bei der Einführung neuer Werkstoffe in der Fertigung sind umfangreiche Untersuchungen bezüglich der mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften nötig. Die härtesten Feinkornstähle finden hauptsächlich im Nutzfahrzeugbau, im Ladekran und Mobilkranbereich Anwendung.

7.1 Beispiel Rungen im LKW-Anhänger

Hier werden TM-Stähle in der Streckgrenzenklasse von S500MC bis S600MC eingesetzt. Durch die max. Fahrzeugbreite von 2500 mm und lichte Innenbreite von 2440 mm ergibt sich eine Rungentiefe von 30 mm bei einer gängigen Standardbreite von 120 mm. Da einerseits der Querschnitt festgelegt ist und andererseits die Prüfbedingungen entsprechend der DIN EN 283 erfüllt werden müssen, ist es erforderlich hochfeste FK-Stähle zu verwenden. Dadurch ist das Handling aufgrund des geringen Eigengewichtes wesentlich verbessert und die Nutzlast erhöht.



Bild 5. Runge am LKW-Aufbau



Bild 6. Belastungsprüfung mit 1000 daN

7.2 Längs- und Querträger in LKW-Anhänger

Bei den Längs- und Querträger werden in der Regel TM- Stähle S460MC bis S550MC verwendet. Höhere Streckgrenzen bei den Längsträger sind problematisch wegen der ebenfalls höheren Durchbiegung. Diese kann bei einer entsprechenden Auslastung zu Funktionstörungen (z. B. Klemmen der Bordwände) führen.

Beim Coil-Sattelanhänger werden Querträger aus S700MC eingesetzt. Gründe hierfür sind die hohe Beanspruchung durch Punktlast, sowie die geforderte hohe Nutzlast. Auch müssen die hohen Zurrkräfte auf die sonstigen Bauteile übertragen werden. Bild 7 zeigt einen Ausschnitt von einem solchen Rahmen. Selbst der Außenrahmen (Bild 8) ist trotz der hohen Kaltumformung aus S460MC.



Bild 7. Ausschnitt Coil- Sattelanhängers



Bild 8. Außenrahmen von Anhängern

7.3 Container-Querträger und Unterfahrerschutz

Der Container- Querträger (Bild 9) wird aus S700MC hergestellt. Dies hat den Vorteil, dass bei der erforderlichen hohen Festigkeit eine gleichzeitig hohe elastische Durchbiegung vorhanden ist. Damit haben wir einen Ausgleich ohne bleibende Verformung bei Wechselbrücken- und Container- Beladung. Außerdem konnte die Blechdicke im Vergleich zum S355 halbiert werden, was außer dem Gewichtsvorteil auch einen Kostenvorteil brachte.

Den gleichen Vorteil brachte auch der Einsatz des S700MC beim Unterfahrerschutz (Bild 9), der die hohen Verformungskräfte gemäß EG- Vorschrift aufnehmen muss.



Bild 9. Wechselverkehr- Anhänger



Bild 10. Wechselbrücke

Der tragende Stahlbaurahmen der Wechselbrücke (Bild 10) ist ebenfalls aus S700MC

7.4 Fahrzeug- und Mobilkran

Im Autokranbau werden heutzutage für die tragende Schweißkonstruktion fast ausschließlich die wasservergüteten Feinkornstähle S960QL und neuerdings auch der S1100QL eingesetzt. Jedoch für die Anbau- und Befestigungsteile wie Konsolen und Halter für Verkleidungen werden auch wegen der guten Kaltumformbarkeit die TM-Stähle der Güten S460MC bis S700MC verwendet. Auch hier spielt das Eigengewicht eine sehr große Rolle, da in der Regel die zul. Achslasten 12 t nicht überschreiten dürfen.

8 Zusammenfassung

Hochfeste Feinkornstähle sind heute bei der Fertigung von Nutzfahrzeugen, insbesondere im Schwerlastbereich und im Mobilkranbau unverzichtbar und werden sich auch im Stahlbau vermehrt durchsetzen. Aus wirtschaftlichen Gründen, sowie aufgrund der guten Verarbeitungseigenschaften in bezug auf Schweißen und Biegen werden thermomechanisch gewalzte Stähle im Streckgrenzenbereich bis 690 N/mm² bevorzugt eingesetzt. Entwicklungen der TM- Stähle mit noch höheren Streckgrenzen bis 960 N/mm² treibt bisher nur ein Stahlhersteller voran.

Literaturhinweise

- [1] Dr. Geyer, Ing.Mag. Rauch, Dipl.-Ing. Schütz, VOEST-ALPINE Stahl Linz GmbH
Hochfeste Feinkornstähle mit optimierten Verarbeitungseigenschaften Tagungsband zum Fortbildungsseminar für Schweißfachleute an der Schweißtechnischen Zentralanstalt in Wien, 18.05.1995, Bild 2
- [2] DIN EN 10149-1, Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen, Teil 1: allgemeine Lieferbedingungen
September 1995, 3.5
- [3] Deutsches Institut für Bautechnik
Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
Bauprodukte aus hochfesten schweißgeeigneten Feinkornstählen...
10.12.1997
- [4] Uwer, D. und Höhne, H.: Charakterisierung des Kaltrissverhaltens beim Schweißen
Schweißen und Schneiden 43 (1991) Heft 4, Seite 195-199.
- [5] Uwer, D. und Höhne, H.: Ermittlung angemessener Vorwärmtemperaturen
Schweißen und Schneiden 43 (1991) Heft 5, Seite 282-287.
- [6] DIN EN 1011-1 April 1998 Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe –
Teil 1 Allgemeine Anleitung zum Lichtbogenschweißen

DIN EN 1011-2 Mai 2001 Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe –
Teil 2 Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen
- [7] SEW 088, Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, Richtlinien für das Verhalten,
besonders für das Schmelzschweißen, Oktober 1996, Stahl-Eisen-Werkstoffblatt
(SEW) des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute.
- [8] DVS-Merkblatt 0916: Metall-Schutzgasschweißen von Feinkornbaustählen.

Fachveranstaltung

Ultrasonic Impact Technology

Eine Möglichkeit zur Erhöhung der Lebensdauer von
Schweißkonstruktionen? Dipl.Ing. Peter Gerster



Magdeburger Schweißtechnik GmbH
An der Sülze 6, 39179 Barleben
Tel. 039203-75193 Fax 039203-751940

MUNK GMBH
SCHWEISSEN SCHNEIDEN UMWELTECHNIK

MUNK GMBH
SCHWEISSEN SCHNEIDEN UMWELTECHNIK
06246 Bad Lauchstädt · Ahornstraße 3b · Tel:
034 635 - 22 0 22 · Fax: 034 635 - 22 0 25

„Ultrasonic Impact Technology“ – Eine Möglichkeit zur Erhöhung der Lebensdauer von Schweißkonstruktionen?

Peter Gerster, Ehingen/Donau; Hans van der Poel, Rotterdam

1 Einleitung

Eine Verbesserung der Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen gewinnt in vielen Bereichen der Industrie an zunehmender Bedeutung, insbesondere bei Anwendung von höher- und hochfesten Stählen. Diese Stähle, d.h. Baustähle mit einer Nennstreckgrenze größer 355 MPa, nehmen im konstruktiven Stahlbau eine immer größere Rolle ein. Während solche Bereiche wie der Baumaschinenbau (z.B. Mobilkrane, Betonpumpen, usw.) schon seit längerem auf solche Stahlqualitäten zurückgreifen, finden sie nun zunehmend auch Eingang in Konstruktionen des klassischen Stahlhoch- und Brückenbaus. Dies drückt sich auch in einer Anpassung der entsprechenden Konstruktions- und Verarbeitungsregelwerke aus, die in diesem Bereich Verwendung finden. Im Rahmen der Umsetzung der europäischen Bauproduktenrichtlinie wurde mit Datum vom Februar-April 2005 eine neue Norm für Baustahlgüten veröffentlicht. So werden die bisherigen Normen in Zukunft durch die Teile 3, 4 und 6 der DIN EN 10 025 (02-04/2005) abgedeckt.

Einschränkungen erfährt die Verwendung dieser Werkstoffe aber vor allem in ermüdungsbeanspruchten Schweißkonstruktionen, wie sie z.B. im Brücken- und Kranbau vorliegen. Im einfachsten Fall gehen die Regelwerke wie Eurocode EC3, DIN 18800 davon aus, dass sich das Ermüdungsverhalten hochfester Stähle in Schweißkonstruktionen nicht gegenüber dem von normalfesten Stählen unterscheidet, sodass die Effizienz dieser Stähle bei Ausschlag gebendem Betriebsfestigkeitskriterium kritisch hinterfragt werden muss.

Diese einschränkenden Regelungen auf schweißtechnischer Seite stehen zurzeit in Überprüfung. Erste Zwischenergebnisse lassen durchaus die Vermutung zu, dass die oben angesprochenen Einschränkungen zu restriktiv, wenn nicht sogar unbegründet sind. In diesem Vortrag werden unter anderem die hervorragenden Zwischenergebnisse der Untersuchungen aus dem AIF-Forschungsprojekt P 620 des Institutes für Konstruktion und Entwurf an der Universität Stuttgart sowie der MFPA der Bauhaus-Universität Weimar vorgestellt. Thema des Projektes:

„Effizienter Stahlbau aus höherfesten Stählen unter Ermüdungsbeanspruchung“

2 Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit

Die Ermüdungsfestigkeit von geschweißten Konstruktionen aus höherfesten Stählen kann wesentlich gesteigert werden, indem die Kerbwirkung der einzelnen Schweißdetails verringert wird. Dies kann bei

einer großen Anzahl von Schweißdetails durch eine kerbarme Detailausbildung verwirklicht werden, indem z.B. fließende Übergänge und Abrundungen an den kritischen Stellen ausgebildet werden. Zusätzlich ist auf eine gute Ausführung mit hoher Schweißqualität möglichst ohne Schweißnahtfehler zu achten. Für eine große Anzahl typischer Konstruktionsdetails des Stahlbaus sind entsprechende Detailausbildungen jedoch konstruktiv nur schwer auszuführen. Im Gegensatz zum Maschinenbau ist im Bauwesen der Einsatz von Verfahren der Schweißnahtnachbehandlung bisher sehr begrenzt. Ursache hierfür sind u. a. die derzeit gültigen Normen im Brückenbau [3] sowie die zukünftigen europäischen Stahlbaunormen [4], die bisher keine Möglichkeit bieten, die Vorteile dieser Verfahren zu nutzen.

Es ist jedoch erwiesen, dass die Ermüdungsfestigkeit von Schweißdetails aus höherfesten Stählen durch eine geeignete Nachbehandlung wie Schleifen, Hämmern, Kugelstrahlen oder das relative neue UIT-Verfahren (Ultrasonic Impact Treatment) teils entscheidend verbessert werden kann.

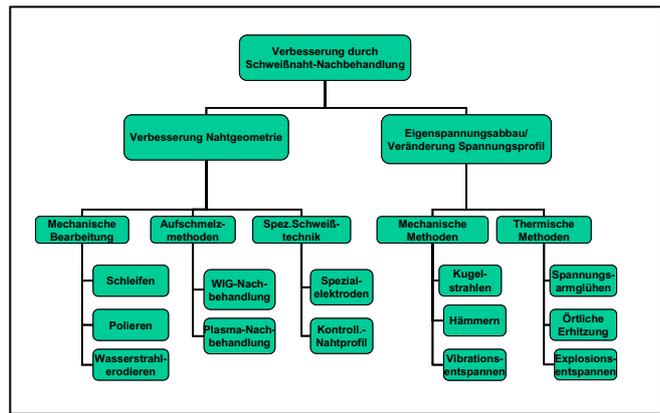


Bild 1. Übersicht der Schweißnahtnachbehandlungsverfahren

3 Schweißnahtnachbehandlungsverfahren

Bild 1 zeigt einen groben Überblick der verschiedenen Nachbehandlungsverfahren, wobei grundsätzlich die Einteilung in zwei Hauptgruppen möglich ist:

- Verbesserung der Nahtgeometrie
- Eigenspannungsabbau durch Veränderung des Spannungsprofils

Die Anwendung der Verfahren der Schweißnahtnachbehandlung beschränkt sich im Allgemeinen auf eine Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit am Schweißnahtübergang. Eine mögliche Verlagerung des Anrisses in die Schweißnahtwurzel muss daher berücksichtigt werden.

Beim **Überschleifen** der Schweißnahtübergänge erfolgt eine Verringerung der Kerbschärfe, sowie das

Entfernen von Schweißnahtfehlern an der Oberfläche.

Bei der **WIG-Nachbehandlung** findet durch nochmaliges Aufschmelzen der Schweißnaht ein Ausrunden des Schweißnahtüberganges statt. Es besitzt den Vorteil, dass es von vielen Stahlbaufirmen standardmäßig eingesetzt werden kann. Nachteilig ist, dass ausschließlich in Wannenlage das nochmalige Aufschmelzen erfolgen kann. Speziell höherfeste Stähle profitieren beim WIG-Aufschmelzen aufgrund der höheren Kerbempfindlichkeit und der höheren Ermüdungsfestigkeit des Grundmaterials von der Verringerung der Kerbschärfe.

Zum anderen werden durch Nachbehandlungsmethoden wie Hämmern oder Nadeln Druckeigenstressungen in den Nahtübergang eingebracht. Dabei wird der Nahtübergang plastisch verformt, sodass sich Druckeigenstressungen in der Oberfläche ausbilden. Auch Schweißnahtfehler werden dabei im geringen Umfang beseitigt. Für Anwendungen im Stahlbau besitzt dieses Verfahren jedoch den Nachteil, dass es auf Grund der niedrigen Frequenz, mit der das Hämmern durchgeführt wird, nur unter starken Geräusch- und Vibrationsbelastung durchzuführen ist. Auch wird keine gute Reproduzierbarkeit erreicht. In Europa noch wenig bekannt ist die sogenannte „**Ultrasonic Impact Technology**“ kurz UIT genannt.

Tabelle 1. Vergleich der verschiedenen Nachbehandlungsverfahren

TECHNOLOGIE	SCHLEIFEN	KUGELSTRAHLEN	HÄMMERN & NADELN	SPANNUNGS-ARMGLÜHEN	WIG NACHBEHANDLUNG	Esonix® ULTRASONIC IMPACT TECHNOLOGY
ERHÖHUNG DER BETRIEBSFESTIGKEIT	•	•	•	•	•	•
ERHÖHUNG DER KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT		•				•
VERMINDERUNG DES SCHWEISSVERZUGES			•	•		•
VERMINDERUNG DER EIGENSPANNUNGEN				•		•

Ein Ultraschallwandler wandelt dabei harmonische Schwingungen in mechanische Impulse um. Dabei erfolgt die eigentliche Nachbehandlung durch ein mechanisches Hämmern mit gehärteten Bolzen bei ca. 200 Hz, wobei gleichzeitig die Ultraschallenergie mit einer Frequenz von 27-55 kHz eingebracht wird (Bild 2). Dadurch wird **gleichzeitig** die Kerbschärfe an der Schweißnaht verbessert und Druckeigenstressungen eingebracht. Die Vorteile dieses Verfahrens liegen in der leichten Bedienbarkeit, der geringen Geräuschbelastung sowie der guten Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.

Forschungsergebnisse in Ermüdung von Schweißkonstruktionen haben gezeigt, dass UIT die effizienteste und wirtschaftlichste Behandlung darstellt, zur Verbesserung der spezifischen Eigenschaften im Vergleich mit anderen Techniken wie Schleifen, Kugelstrahlen, Wärmebehandlung, WIG-Behandlung, usw.

Die Ultrasonic Impact Technology kann erfolgreich in vielen verschiedenen Industriebereichen angewendet werden, wie Aerotechnik, KFZ-Industrie, Energie- und Kraftwerkstechnik, Schiffbau, Eisenbahn- und Transportwesen, Stahlbau, Schwerindustrie usw.



Bild 2. UIT-Behandlung der Proben

4 Die Esonix® Ultrasonic Impact Technology

4.1 Geschichte von UIT

Die Esonix® Ultrasonic Impact Technology (UIT) basiert auf der Arbeit des Wissenschaftlers und Ingenieurs Dr. Efim Statnikov, Vize-Präsident von Applied Ultrasonics und Leiter der Forschungs- und Entwicklungsabteilung. Dr. Statnikov entwickelte diesen Prozess, der seine Anwendung in dem Sowjetischen Atom-Marine Programm in 1972 fand. Die Ergebnisse der Anwendung von UIT ermöglichten den Konstrukteuren neue Schiffskörper für Unterseeboote zu entwickeln, die den extremen Bedingungen unter Wasser standhielten und es den U-Booten ermöglichten, tiefer zu tauchen. Anschließend wurde diese Technologie in der Aerotechnik, KFZ-Industrie, Schienentransporttechnik, Komponenten und Konstruktionen angewendet, die einer zyklischen Belastung ausgesetzt sind, wie z.B. Brücken, Baumaschinen und Ausrüstungen, usw. Heute wird UIT hauptsächlich eingesetzt für die Verbesserung der Eigenschaften von Metall-Komponenten und Schweißkonstruktionen.

4.2 Das Prinzip von UIT

UIT basiert auf einer Umwandlung von harmonischen Schwingungen durch einen Ultraschallwandler in mechanische Impulse und hochfrequente Ultraschallenergie und deren Übertragung durch gehärtete Bolzen auf eine zu behandelte Oberfläche. Während diesem Vorgang wird das Spannungsprofil ge-

ändert und bei Schweißnähten die Geometrie des Nahtüberganges wesentlich verbessert.

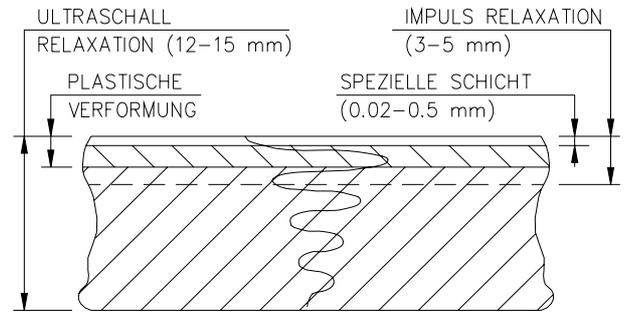


Bild 3. US-Generator mit Handgerät und Kühlaggregat

Die Standardausrüstung (siehe Bild 3) besteht aus dem Ultraschall Generator mit einer Leistung von 1-3 kW und einer Ausgangsfrequenz von 27-55 kHz sowie dem Handgerät mit Adapter für verschiedene industrielle Anwendungen. Ein kleines Kühlaggregat wird für die Kühlung des Handgerätes benötigt. Die kompakte transportable Anlage ermöglicht auch eine problemlose UIT-Behandlung auf Baustellen. Ebenso kann die Anlage auch sehr leicht im Produktionsprozess integriert werden, zum Beispiel Einsatz durch einen Roboter bei großen Stückzahlen.



Bild 4. Behandlung einer Schweißnaht



Zone	Charakteristik
„Spezielle Schicht“	Erhöhung des Widerstandes gegen Verschleiß, Korrosion und der Oberflächengüte
Plastische Verformung	Erhöhung der Lebensdauer, Kompensation des Schweißverzuges, Erniedrigung der Korrosionsermüdung, Druckeigenspannungen
Impuls Relaxation	Erniedrigung der Eigenspannungen um bis zu 70 % des Ausgangswertes
Ultraschall Relaxation	Erniedrigung der Eigenspannungen um bis zu 50 % des Ausgangswertes

Bild 5. Wirkungsweise der UIT-Behandlung dargestellt am Querschnitt einer Metallprobe

Die Ultrasonic Impact Technology wird angewendet um folgendes zu erreichen:

- Erhöhung der Lebensdauer
- Reduzierung und Kontrolle des Verzuges
- Verbesserung des Korrosionswiderstandes
- Erhöhung der Oberflächenhärte
- Ersatz des Spannungsarmglühens

durch:

- Ø Plastische Verformung der Oberfläche
- Ø Veränderung des Spannungsprofils
 - § Einbringen von Druckspannungen bis zu einer Tiefe von 5 mm - abhängig von den Materialeigenschaften
- Ø Reduzierung von Zugeigenspannungen
- Ø Erhöhung der mech. techn. Eigenschaften
- Ø Verbesserung der Eigenschaften der Oberfläche und unter der Oberfläche

Diese Technologie ist Eigentum und patentiert von Applied Ultrasonics, USA.

Eurosonix ist exklusiver Europäischer Repräsentant für UIT von Applied Ultrasonics.

5 Forschungsprojekt P620

Mit dem Hintergrund, durch bessere Ermüdungsfestigkeiten die Wirtschaftlichkeit von Stahlverbundbrücken zu fördern, wurden im Rahmen des AIF-Forschungsprojekts „Effizienter Stahlbau aus höherfesten Stählen unter Ermüdungsbeanspruchung“ am Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart sowie an der Materialforschungs- und Prüf-anstalt der Bauhaus-Universität Weimar die Effizienz von verschiedenen Nachbehandlungsverfahren an Schweißdetails aus höherfesten Stählen untersucht. Insgesamt besteht das Versuchsprogramm aus 200 Kleinprüfkörpern, 50 Großprüfkörpern sowie 12 Trägerversuchen. Dabei erfolgt eine Konzentration auf

das für Brücken wie oben beschriebene kritische Kerbdetail Quersteife.
 Im Folgenden sollen erste Zwischenergebnisse des Projekts dargestellt werden, die [8] entnommen wurden.



Bild 6. Probe mit Dehnmessstreifen

Abbildung 6 zeigt die Probe vom Typ 2 eingespannt in der Prüfmaschine mit angebrachten Dehnmessstreifen.

Die Bilder 7-9 zeigen die ersten Ergebnisse an Kleinprüfkörpern aus verschiedenen Stahlsorten unter der Belastung eines Einstufenkollektivs mit $R=0,1$. Dabei wurden die Ermüdungsfestigkeiten $\sigma_{0,5}$ bei 2 Millionen Lastwechsel bei einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 50 % angegeben. Auf die Angabe von charakteristischen Ermüdungsfestigkeiten wird hier auf Grund der noch geringen Anzahl von Versuchen verzichtet.

Es wird deutlich, dass durch die Nachbehandlung die Ermüdungsfestigkeit gesteigert werden kann, wobei die besten Ergebnisse mit dem UIT-Verfahren erzielt werden. Im Bereich der Kurzzeitfestigkeit ist der Effekt jedoch deutlich kleiner als im Bereich der Dauerfestigkeit, da hier die eingebrachten Druckspannungen einen geringeren Effekt gegenüber der äußeren Last aufweisen. Die Versuchskörper versagten üblicherweise am Schweißnahtübergang, nur bei Versuchen der Güte S690 mit Anwendung des UIT-Verfahrens verlagerten sich die Risse ins Grundmaterial oder den Einspannbereich.



Bild 10. Bruch im Grundwerkstoff bei S690

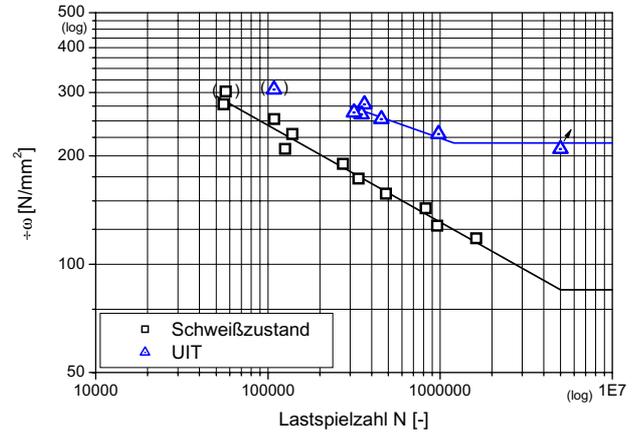


Bild 7. Wöhlerdiagramm (Kleinprüfkörper, Quersteife, S355, R=0,1)

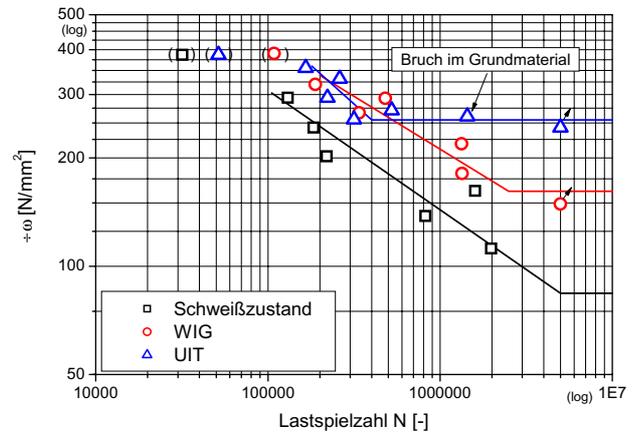


Bild 8. Wöhlerdiagramm (Kleinprüfkörper, Quersteife, S460, R=0,1)

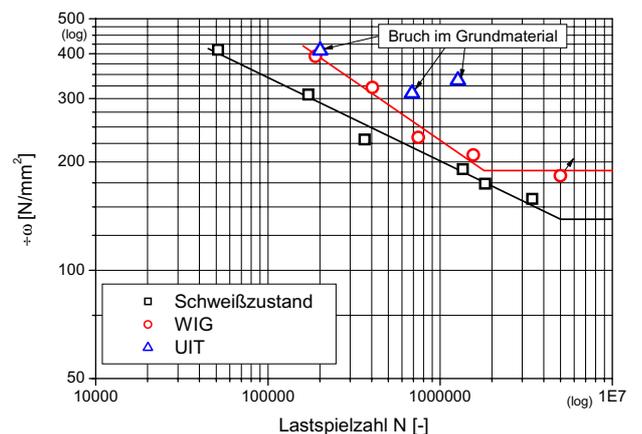


Bild 9. Wöhlerdiagramm (Kleinprüfkörper, Quersteife, S690, R=0,1)

Zu der Stahlgüte S690 wurde auch der Parameter Mittelspannung mit R-Werten von -1 ; $0,1$ und $0,5$ variiert. Es ergab sich an UIT-nachbehandelten Proben ein leichter Einfluss der Mittelspannung auf die Ermüdungsfestigkeit in der Größenordnung der DIN 4132.

Des Weiteren konnte ein deutlicher Einfluss der Größe des Prüfkörpers im Schweißzustand festgehalten werden. Bei den Großprüfkörpern mit einer Breite von etwa 160 mm ergaben sich rund 20 % geringere Ermüdungsfestigkeiten als bei den Kleinprüfkörpern von 40 mm Breite. Bei Prüfkörpern mit UIT-Nachbehandlung konnte dieser Einfluss nicht mehr festgestellt werden.

An geschweißten Trägern wurden Ermüdungsversuche mit einem Spannungsverhältnis von $R = -1$ durchgeführt. Für die Träger ohne eine Nachbehandlung der Naht begann wie erwartet der Anriss am Kerbdetail der Quersteife mit Ermüdungsfestigkeiten, die rund 35 % geringer waren als bei Kleinprüfkörperversuchen. Bei den Trägern mit UIT-Nachbehandlung wurde eine Verlagerung des Anrisses vom Nahtübergang der Quersteife in die Längsnaht festgestellt mit einer Lebensdauer, die um ca. 40 % höher ist als im unbehandelten Zustand. Weitere Versuche erfolgen hier, um die ersten Ergebnisse statistisch abzusichern.

Ferner wurden Nahtgeometrien und Kerbfaktoren bestimmt. Dazu sei auf [8] verwiesen.

Es liegt natürlich nahe, eine Nachbehandlung auch während der Nutzungsdauer einer Konstruktion durchzuführen, um so die **Restlebensdauer** zu steigern. Hierzu wurden Ermüdungsversuche an vorge-schädigten Prüfkörpern durchgeführt.

Diese Versuchkörper wurden im Schweißzustand belassen und dann mit einer Vorschädigung von 70 – 90 % der rechnerischen Ermüdungsfestigkeit beaufschlagt. Nach einer darauf folgenden UIT-Behandlung wurde der Ermüdungsversuch weitergeführt. Erste Versuchsergebnisse in Bild 11 zeigen, dass die Anwendung des UIT-Verfahrens auch zur Ertüchtigung bestehender Konstruktionen sehr vielversprechend ist. Durch die nachträgliche UIT-Behandlung lassen sich Restlebensdauern, die mindestens das 15-fache der Restlebensdauer ohne Nachbehandlung betragen, erzielen.

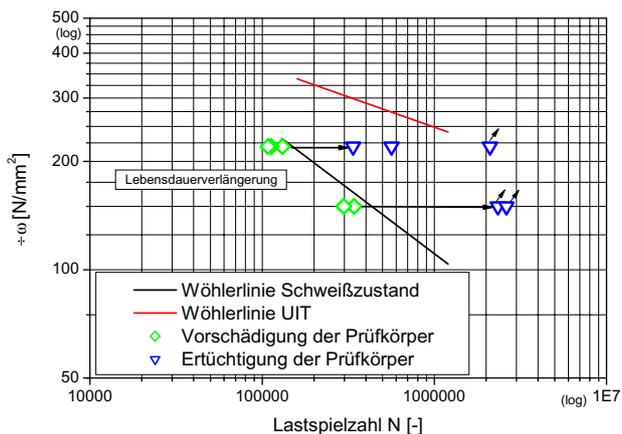


Bild 11. Lebensdauererlängerung durch nachträgliche Ertüchtigung mit UIT (Großprüfkörper, Quersteife, S460, $R=0,1$)

6 Ergebnisse von Schwingfestigkeitsuntersuchungen am Werkstoff S1100QL

Bei den Mobilkränen, Tragarmen von Betonpumpen, LKW-Ladekranen, usw. wird aus Gewichtsgründen immer mehr der Werkstoff S1100QL eingesetzt [9]. Da auch hier die Bauteile dynamisch beansprucht werden, hat die Firma ThyssenKrupp Stahl in Zusammenarbeit mit ESAB B.V. in Holland und Eurosonix Schwingversuche mit und ohne UIT-Behandlung durchgeführt.

Die Überprüfung der Schwingfestigkeit wurde an Flachzugproben mit einer Probenbreite im Schweißnahtbereich von 30 mm durchgeführt. Die Untersuchungen wurden auf einem 600-kN-Horizontal-Resonanzpulsler als Zug-Schwellversuche mit einem Spannungsverhältnis von $R = 0$ durchgeführt. Die Lastspielfrequenz betrug etwa 2000 min^{-1} . Wegen der bei Schwingversuchen üblichen Streuung wurden je Versuchsdurchgang 30 Proben eingesetzt. Zum Vergleich dienten ungeschweißte XABO 1100 Proben mit Walzhautoberfläche. Bild 12 gibt Auskunft über das Schwingverhalten der mit Fülldraht geschweißten Verbindung. Hieraus ist ersichtlich, dass ähnliche Festigkeitssteigerungen wie bei den Stählen S355 und S460 nämlich ca. 110% sowie eine Lebensdauererlängerung um das ca. 10-fache und mehr möglich sind. Außerdem erreichen die Werte fast die des unbeeinflussten Grundwerkstoffs.

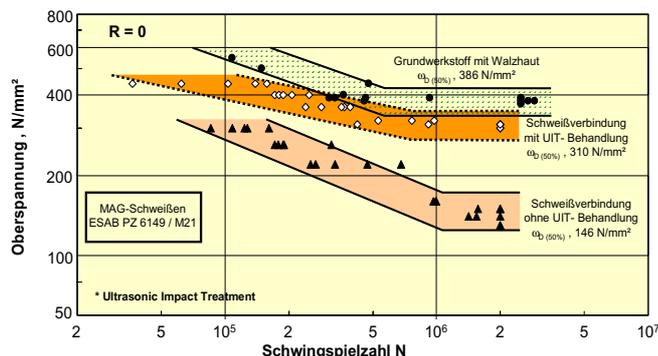


Bild 12. Stumpfstoß XABO 1100 UIT-behandelt

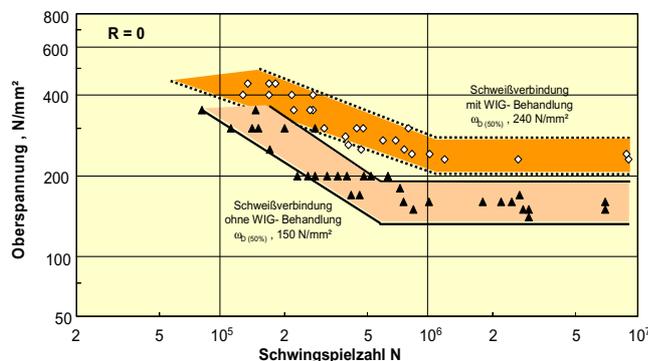


Bild 13. Stumpfstoß XABO 1100 WIG-behandelt

Als Vergleich zeigt die Abbildung 13 die erreichten Werte durch die Behandlung nach dem WIG-Aufschmelzverfahren, die jedoch nur eine Verbesserung der Schwingfestigkeit um ca. 60% brachte.

7 Weitere Anwendungsgebiete

Durch die plastische Verformung der Oberfläche und somit Einbringung von Druckeigenstressungen werden die Zugeigenstressungen im Bauteil praktisch eliminiert. So laufen zurzeit Versuche durch die UIT-Behandlung auf eine Spannungsarmglühung verzichten zu können. Dies wurde bereits mit Erfolg an bestimmten Bauteilen und Werkstoffen auch durch Abnahmegesellschaften akzeptiert. Ein weiteres Betätigungsfeld ist die Dimensionierung von Windkraftanlagen. Auch hier laufen Projekte mit den Herstellern, Abnahmegesellschaften und Universitäten.

Durch den problemlosen Einsatz auf Baustellen eignet sich das UIT-Verfahren auch bei Reparaturen, zum Beispiel Bronzpropeller, Weichen und Kreuzungstücke an Eisenbahnschienen, da in diesem Fall auch auf eine Spannungsarmglühung verzichtet werden kann.

8 Zusammenfassung

Höherfeste Feinkornbaustähle spielen im klassischen Stahlbau eine immer größere Rolle. In dynamisch belasteten Konstruktionen wird der Einsatz solcher Stähle aber durch die Ermüdungsfestigkeit eingeschränkt. Im vorliegenden Beitrag wurde vorgestellt, dass sich durch die Anwendung von Schweißnahtnachbehandlungsmethoden durchaus ein Potenzial zur Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißdetails aus hochfesten Stählen ergeben kann.

Wie die Ausführungen zeigen, ist mit der „Ultrasonic Impact Technology“ ein neues Verfahren entwickelt worden, das weltweit patentiert wurde. Die Einführung im Nord- und Südamerikanischen Raum ist bereits weiter fortgeschritten. Mit der Gründung der Fa. Euro-sonix gibt es nun einen exklusiven Partner für Europa. Zurzeit laufen viele Projekte an verschiedenen Universitäten und Firmen speziell auch in Deutschland, die erreichten Ergebnisse, nicht nur auf dem Gebiet der Verbesserung der Schwingfestigkeit, übertreffen alle Erwartungen. Verglichen mit anderen Nachbehandlungsverfahren ist UIT wesentlich besser bei deutlich geringerem gerätetechnischer Aufwand und einfacher Handhabung. Das Verfahren lässt sich sehr gut in den Produktionsprozess integrieren und bei entsprechenden Stückzahlen auch mit dem Roboter durchführen. Hervorragende Ergebnisse wurden auch an Aluminiumlegierungen und –schweißverbindungen erzielt. Im Prinzip ist das Verfahren für alle metallischen Werkstoffe geeignet.

9 Schrifttum

- [1] prEN 1993-1-9: Eurocode 3, Teil 1-9: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Ermüdung, Entwurf Status 49 (2004).
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbau: DASt-Richtlinie 011, Hochfeste schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit Mindeststreckgrenzenwerten von 460 und 690 N/mm², Anwendung für Stahlbauten, (1988).
- [3] Änderung und Ergänzung der Anpassungsrichtlinie Stahlbau - Ausgabe Dezember 2001, DIBt-Mitteilungen 33 (2002) Nr. 1.
- [4] Deutsches Institut für Bautechnik: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.1-1 (1999).
- [5] Statnikov, E.; Muktepavel, V.O.; Kuzmenko, A.Z.; Blomquist, A.; Comparison of Ultrasonic impact treatment (UIT) and other fatigue life improvement methods, IIW Document XIII 1817-00
- [6] Statnikov, E. et al.: Ultrasonic tool for ultrasonic strengthening and relaxation treatment. Patent of the RF No. 472782 (1975).
- [7] Haagensen, P.; Maddox, S.: Post weld improvement for steel and aluminium structures. IIW Doc. XIII-1815-00 (2004).
- [8] Kuhlmann, U.; Bergmann, J.; Dürr, A.; Thumser, R.; Günther, H.-P.; Gerth, U.: Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit von geschweißten höherfesten Baustählen durch Anwendung von Nachbehandlungsverfahren. Stahlbau (zur Veröffentlichung).
- [9] Hamme, U.; Hauser, J.; Kern, A.; Schriever, U.; Einsatz hochfester Baustähle im Mobilkranbau; Stahlbau 69 (2000) 4, 295-305
- [10] Wegman, H.; ThyssenKrupp Stahl Bericht Avwe 279/PCG-TM-03/04 vom 06.01.2004
- [11] Kurzinfo Fa. Eurosonix

Fachveranstaltung

Anwendungszentrum

Konzept, Dienstleistungsangebot und Veranstaltungen
Dipl.Ing. Andreas Heydenreich/Michael Munk



Magdeburger Schweißtechnik GmbH
An der Sülze 6, 39179 Barleben
Tel. 039203-75193 Fax 039203-751940

MUNK GMBH
SCHWEISSEN SCHNEIDEN UMWELTECHNIK

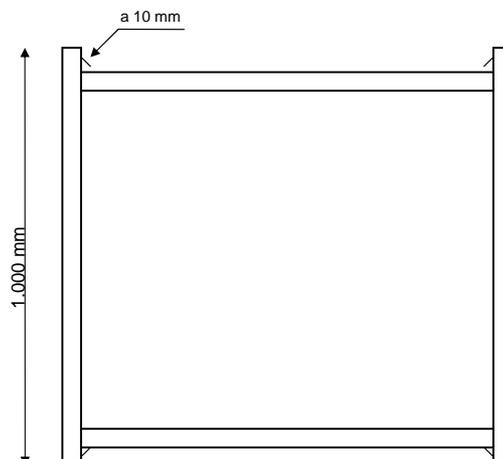
MUNK GMBH
SCHWEISSEN SCHNEIDEN UMWELTECHNIK
06246 Bad Lauchstädt · Ahornstraße 3b · Tel:
034 635 - 22 0 22 · Fax: 034 635 - 22 0 25

Anwendungszentrum - Angebot und Zweck!

– Unterstützung beim Einsatz unserer Produkte durch:

- Vorführung, Mustererstellung, Erprobung
- Einsatzvorbereitung
- Erfahrungsaustausch
- Gasetechnologie
- Schweißtechnische Software
- Unterlagen, Videos und Arbeitshilfen
- Veranstaltungen wie Tagungen, Workshops

Anwendungszentrum - Beispiel



Anwender:
Ich brauche 2 MAG-
Anlagen mit 500 A!

Anwendungszentrum - Beispiel

Gespräch 1

- Verkäufer: Ja, wir haben da die Maschine xyz.
Die kostet € 6.000,-/ Stück.
- Kunde: Schicken Sie mir mal ein Angebot.

Anwendungszentrum - Beispiel

Gespräch 2

- **Verkäufer:** Sagen Sie mir doch bitte mal was Sie damit überhaupt schweißen wollen.
- **Kunde:** Ja, diese Stahlträger mit den Kehlnähten a 10. Davon werden wir jetzt ca. 5 km/Jahr produzieren.
- **Verkäufer:** Und wie schweißen Sie das?
- **Kunde:** Ja, wie man das eben so macht. Vorwärmen weil es sich ja um St 52 mit 30 mm Wanddicke handelt und dann eben eine Kehlnaht in 4 Raupen schweißen.
- **Verkäufer:** Also wir haben da neuerdings ein Technologiezentrum. Da werde ich mich mal erkundigen ob wir da nicht etwas verbessern können.
- **Kunde:** Also für Verbesserungsvorschläge sind wir natürlich immer dankbar.

Anwendungszentrum - Beispiel

Kurze Zeit später!

- **Verkäufer:** Also ich denke wir haben da eine ganz interessante Lösung.
- **Kunde:** Und die wäre?
- **Verkäufer:** Wir haben einen Versuch gemacht. Mit dem MAG-Hochleistungsschweißen können wir in einer Lage eine a 7,5 schweißen. Wir haben Schliffe gemacht und können eine Einbrandtiefe von 3 mm sicherstellen. Das ergibt ein rechnerisches a-Maß von 10,5 mm und laut DIN 18800 können Sie das auch voll einrechnen. Das bringt Ihnen folgende Vorteile
 - Sie können in einer Lage schweißen!
 - Sie sparen 50 % an Zusatzwerkstoff ein, weil Sie anstelle von a 10 nur ein a 7,5 schweißen. Das ist das halbe Volumen.
 - Sie brauchen nicht vorwärmen, weil die a 7,5 in einer Lage ausreichend Wärme einbringt.
 - Wir schätzen das spart Ihnen bei den 5 km Träger/Jahr ca. € 200.000,-
 - Möchten Sie die Anwendung in unserem Anwendungszentrum prüfen?

Anwendungszentrum - personelle Voraussetzungen

- Ingenieure und Schweißfachmänner der Betreiber
- Fachpersonal unserer Lieferanten
- Ingenieure und Schweißlehrer der SLM

Anwendungszentrum - Prozesse

- E-Hand
- MSG
 - Z.B. MSG-Hochleistungsprozesse u.a.
- WSG
- Mikroplasma
- Plasmaschneiden (manuell/mechanisiert)
- Mechanisierte Schweißprozesse
- UP
- Orbitalschweißen

Anwendungszentrum - Einrichtung

- Lager für Grundwerkstoffe
- Handschweißplatz
- Mechanisierter Schweißplatz
 - Längsnähte
 - Rundnähte
- Schweißroboter und Brennschneidanlage (geplant)
- Schweißnahtprüfung (SLM)
- Erstellung von Makroschliffen (SLM)
- Arbeitsplatz mit Besprechungsbereich und EDV Anbindung

Anwendungszentrum - Nutzung

- MSS Magdeburger Schweißtechnik GmbH
- MUNK GMBH
- Welding24 s.r.o.

- SLM, DVS, interessierte Anwender
- Lieferanten z.B. für Schulungsveranstaltungen
- Fachhandelspartner von Lieferanten

Anwendungszentrum - Leistungen

- Mustererstellung
- Vorführung
- Erprobung von Geräten
- Schulung an Geräten
- Veranstaltungen (Workshop, Abendveranstaltung, Seminare)
- Fertigung von Klein- bzw. Musterserien
- Verfahrensprüfungen (SLM)

Anwendungszentrum – Planungen Veranstaltungen

- auf Grund der Rückmeldungen und persönlicher Gespräche
- Verarbeitung von Aluminium (Workshop)
- Verarbeitung von CrNi Stählen (Workshop)
- Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsbeispiele in der Automatisierungstechnik (Workshop)
- WIG Orbitalschweißen für verschiedene Einsatzbereiche (Workshop)
- Abendveranstaltung - effiziente Auslastung vorhandener Ressourcen in der Schweißtechnik
- Termine und Inhalte im Schulungskalender

Anwendungszentrum - Fazit

- Focus auf praktischer Unterstützung unserer Kunden
- Zusammenarbeit mit Ausbildungsstätten, DVS, Technischen Universitäten und Fachschulen, IHK und HWK

- Vermittlung von Ausbildungsangeboten z.B. beim DVS
- Hinweise zu notwendigen Prüfungen und Information über Abnahmerichtlinien, zu Anbietern und Qualifikationen
- Vermittlung von Ansprechpartnern in Industrie und Handwerk

Anwendungszentrum

Veranstaltungen 1. Halbjahr 2006

	Workshop Aluminium		Eröffnung/Abendvortrag
	Workshop Automation		Abendvortrag
	Workshop CrNi		
	Workshop Orbital		

Januar		Februar		März		April		Mai		Juni	
So 1	Neujahr	Mi 1		Mi 1		Sa 1		Mo 1	Maifeiertag	Do 1	
Mo 2		Do 2		Do 2		So 2		Di 2		Fr 2	
Di 3		Fr 3		Fr 3		Mo 3		Mi 3		Sa 3	
Mi 4		Sa 4		Sa 4		Di 4		Do 4		So 4	
Do 5		So 5		So 5		Mi 5		Fr 5		Mo 5	Pfingsten
Fr 6		Mo 6		Mo 6		Do 6		Sa 6		Di 6	
Sa 7		Di 7		Di 7		Fr 7		So 7		Mi 7	
So 8		Mi 8		Mi 8		Sa 8		Mo 8		Do 8	
Mo 9		Do 9		Do 9		So 9		Di 9		Fr 9	
Di 10		Fr 10		Fr 10		Mo 10		Mi 10		Sa 10	
Mi 11		Sa 11		Sa 11		Di 11		Do 11		Mo 11	
Do 12		So 12		So 12		Mi 12		Fr 12		Di 12	
Fr 13		Mo 13		Mo 13		Do 13		Sa 13		Mi 13	
Sa 14		Di 14		Di 14		Fr 14	Karfreitag	So 14		Mo 14	
So 15		Mi 15		Mi 15		Sa 15		Mo 15		Di 15	Fronleichnam
Mo 16		Do 16		Do 16		So 16	Ostern	Di 16		Fr 16	
Di 17		Fr 17		Fr 17		Mo 17	Ostermontag	Mi 17		Sa 17	
Mi 18		Sa 18		Sa 18		Di 18		Do 18		Mo 18	
Do 19		So 19		So 19		Mi 19		Fr 19		Di 19	
Fr 20		Mo 20		Mo 20		Do 20		Sa 20		Mi 20	
Sa 21		Di 21		Di 21		Fr 21		So 21		Mo 21	
So 22		Mi 22		Mi 22		Sa 22		Mo 22		Di 22	
Mo 23		Do 23	Eröffnung	Do 23		So 23		Di 23		Fr 23	
Di 24		Fr 24		Fr 24		Mo 24		Mi 24		Sa 24	
Mi 25		Sa 25		Sa 25		Di 25		Do 25	Christi Himmelfahrt	Mo 25	
Do 26		So 26		So 26		Mi 26		Fr 26		Di 26	
Fr 27		Mo 27		Mo 27		Do 27	WS Aluminium	Sa 27		Mi 27	
Sa 28		Di 28		Di 28		Fr 28		So 28		Mo 28	
So 29				Mi 29		Sa 29		Mo 29		Di 29	WS Automation
Mo 30				Do 30		So 30		Di 30		Fr 30	
Di 31				Fr 31				Mi 31			

Anwendungszentrum

Veranstaltungen 2. Halbjahr 2006

	Workshop Aluminium		Eröffnung/Abendvortrag
	Workshop Automation		Abendvortrag
	Workshop CrNi		
	Workshop Orbital		

Juli		August		September		Oktober		November		Dezember	
26	Sa 1	Di 1		Fr 1		So 1		Mi 1	Allerheiligen	Fr 1	
	So 2	Mi 2		Sa 2		Mo 2		Do 2		Sa 2	
	Mo 3	Do 3		So 3		Di 3	Tag d. deutsch. Einh.	Fr 3		So 3	
	Di 4	Fr 4		Mo 4		Mi 4		Sa 4		Mo 4	
	Mi 5	Sa 5		Di 5		Do 5		So 5		Di 5	
27	Do 6	So 6		Mi 6		Fr 6		Mo 6		Mi 6	
	Fr 7	Mo 7		Do 7	WS CrNi	Sa 7		Di 7		Do 7	
	Sa 8	Di 8		Fr 8		So 8		Mi 8		Fr 8	
	So 9	Mi 9		Sa 9		Mo 9		Do 9		Sa 9	
	Mo 10	Do 10		So 10		Di 10		Fr 10		So 10	
	Di 11	Fr 11		Mo 11		Mi 11		Sa 11		Mo 11	
	Mi 12	Sa 12		Di 12		Do 12		So 12		Di 12	
28	Do 13	So 13		Mi 13		Fr 13		Mo 13		Mi 13	
	Fr 14	Mo 14		Do 14		Sa 14		Di 14		Do 14	
	Sa 15	Di 15		Fr 15		So 15		Mi 15		Fr 15	
	So 16	Mi 16		Sa 16		Mo 16		Do 16		Sa 16	
	Mo 17	Do 17		So 17		Di 17		Fr 17		So 17	
	Di 18	Fr 18		Mo 18		Mi 18		Sa 18		Mo 18	
	Mi 19	Sa 19		Di 19		Do 19		So 19		Di 19	
29	Do 20	So 20		Mi 20		Fr 20		Mo 20		Mi 20	
	Fr 21	Mo 21		Do 21		Sa 21		Di 21		Do 21	
	Sa 22	Di 22		Fr 22		So 22		Mi 22		Fr 22	
	So 23	Mi 23		Sa 23		Mo 23		Do 23		Sa 23	
	Mo 24	Do 24		So 24		Di 24		Fr 24		So 24	Heiligabend
	Di 25	Fr 25		Mo 25		Mi 25		Sa 25		Mo 25	1. Weihnachtstag
	Mi 26	Sa 26		Di 26		Do 26	Abendvortrag	So 26		Di 26	2. Weihnachtstag
30	Do 27	So 27		Mi 27		Fr 27		Mo 27		Mi 27	
	Fr 28	Mo 28		Do 28		Sa 28		Di 28		Do 28	
	Sa 29	Di 29		Fr 29		So 29		Mi 29		Fr 29	
	So 30	Mi 30		Sa 30		Mo 30		Do 30	WS Orbital	Sa 30	
	Mo 31	Do 31				Di 31				So 31	Silvester

Verarbeitung von Aluminium

Grundlagen, Verarbeitung, Geräte, Handhabung und Besonderheiten

- Grundlagen zum Werkstoff Aluminium und seinen Legierungen
- Auswahl der Zusatzwerkstoffe, Schweißverfahren und Gase
- Praktische Übungen Verfahren MIG/MAG und WIG

Inhalt	<ul style="list-style-type: none">- anwendungstechnischer Workshop- theoretische und praktische Übungen- Beispiele von Anwendungen, Mustererstellung- Grundlagen Handhabung Werkstoff und Schweißgeräte- Vorführung und eigenständige Erprobung verschiedener Verfahren
Ziel der Schulung	Verfahren sicher einsetzen, Auswahl Werkstoffe, Gase und Geräte
Zielpersonen	<ul style="list-style-type: none">- Schweißaufsichtspersonen, Schweißer, Techniker, Handwerker- Jeder, dem diese Kenntnisse nützen
Workshopdauer	6 h
Eingangswissen	Grundkenntnisse Metallverarbeitung
Schulungsunterlagen	Schweißfibel, Prospekte und Betriebsanleitungen entsprechend dem Schulungsinhalt, Videos zum Verfahren
Allgemeines	Teilnehmerzahl begrenzt, ggf. werden Gruppen gebildet, Sprache deutsch, tschechisch, Schulungsbeginn, Datum und Ort etc. entnehmen Sie bitte dem Veranstaltungskalender bzw. der Einladung. Weitere Informationen finden Sie unter „Allgemeines zu den Veranstaltungen und Workshops“

Einsatz von Automatisierungstechnik in der Metallverarbeitung. Lösungsmöglichkeiten und Ideen an Hand von Referenzen dargestellt.

- **Notwendige Informationen für Richtangebote**
- **Konstruktive Besonderheiten von innovative Lösungen**
- **Kostensparnis durch Eigenanteil**
- **Flexible transportable Mechanisierungssysteme**

Inhalt	<ul style="list-style-type: none">- anwendungstechnischer Workshop- theoretische und praktische Vorführung- Beispiele von Anwendungen- Grundlagen zur Informationszusammenstellung- praktische Erprobung transportabler Mechanisierungssysteme
Ziel der Schulung	Einblick in das Thema, Zusammenstellung relevanter Entscheidungskriterien und Informationen zu Lösungsansätzen
Zielpersonen	<ul style="list-style-type: none">- Schweißaufsichtspersonen, Schweißer, Techniker, Handwerker- Jeder, dem diese Kenntnisse nützen
Workshopdauer	6 h
Eingangswissen	Grundkenntnisse Metallverarbeitung
Schulungsunterlagen	Prospekte und Referenzen entsprechend dem Schulungsinhalt, Videos zu Anwendungsmöglichkeiten
Allgemeines	Teilnehmerzahl begrenzt, ggf. werden Gruppen gebildet, Sprache deutsch, tschechisch, Schulungsbeginn, Datum und Ort etc. entnehmen Sie bitte dem Veranstaltungskalender bzw. der Einladung. Weitere Informationen finden Sie unter „Allgemeines zu den Veranstaltungen und Workshops“

Verarbeitung von CrNi Stählen

Grundlagen, Verarbeitung, Geräte, Handhabung und Besonderheiten

- Grundlagen zum Werkstoff CrNi
- Auswahl der Zusatzwerkstoffe, Schweißverfahren und Gase
- Praktische Übungen Verfahren MIG/MAG und WIG

Inhalt	<ul style="list-style-type: none">- anwendungstechnischer Workshop- theoretische und praktische Übungen- Beispiele von Anwendungen, Mustererstellung- Grundlagen Handhabung Werkstoff und Schweißgeräte- Vorführung und eigenständige Erprobung verschiedener Verfahren
Ziel der Schulung	Verfahren sicher einsetzen, Auswahl Werkstoffe, Gase und Geräte
Zielpersonen	<ul style="list-style-type: none">- Schweißaufsichtspersonen, Schweißer, Techniker, Handwerker- Jeder, dem diese Kenntnisse nützen
Workshopdauer	6 h
Eingangswissen	Grundkenntnisse Metallverarbeitung
Schulungsunterlagen	Schweißfibel, Prospekte und Betriebsanleitungen entsprechend dem Schulungsinhalt, Videos zum Verfahren
Allgemeines	Teilnehmerzahl begrenzt, ggf. werden Gruppen gebildet, Sprache deutsch, tschechisch, Schulungsbeginn, Datum und Ort etc. entnehmen Sie bitte dem Veranstaltungskalender bzw. der Einladung. Weitere Informationen finden Sie unter „Allgemeines zu den Veranstaltungen und Workshops“

WIG-Orbitalschweißen

Grundlagen, Verarbeitung, Geräte, Handhabung und Besonderheiten

- Grundlagen zum Prozess
- Auswahl der Geräte, Zusatzwerkstoffe und Gase
- Nahtvorbereitung, Formieren und Beizen
- Praktische Übungen

Inhalt	<ul style="list-style-type: none">- anwendungstechnischer Workshop- theoretische und praktische Übungen- Beispiele von Anwendungen, Mustererstellung- Grundlagen Handhabung Schweißgeräte und Schweißzangen- Vorführung und eigenständige Erprobung verschiedener Verfahren
Ziel der Schulung	Verfahren sicher einsetzen, Auswahl Geräte, Schweißzangen und Zubehör
Zielpersonen	<ul style="list-style-type: none">- Schweißaufsichtspersonen, Schweißer, Techniker, Handwerker- Jeder, dem diese Kenntnisse nützen
Workshopdauer	6 h
Eingangswissen	Grundkenntnisse Metallverarbeitung
Schulungsunterlagen	Schweißfibel, Prospekte und Betriebsanleitungen entsprechend dem Schulungsinhalt, Videos zum Verfahren
Allgemeines	Teilnehmerzahl begrenzt, ggf. werden Gruppen gebildet, Sprache deutsch, tschechisch, Schulungsbeginn, Datum und Ort etc. entnehmen Sie bitte dem Veranstaltungskalender bzw. der Einladung. Weitere Informationen finden Sie unter „Allgemeines zu den Veranstaltungen und Workshops“

Anwendungszentrum

Allgemeines zu den Veranstaltungen (falls nicht anders vereinbart)

Teilnehmeranzahl	10 –20, oder nach Vereinbarung
Sprache	deutsch und tschechisch (lt. Schulungskalender / Vereinbarung)
Schulungsort	MSS GMBH/MUNK GMBH Anwendungszentrum in der Schweißtechnische Lehranstalt Magdeburg GmbH An der Sülze 7, 39179 Barleben
Beginn und Ende	13.00 – 19.00 Uhr oder wie angegeben
Unterlagen	Erhalten Sie als Mappe und CD-Rom. Die Veranstaltungen enthalten auch praktische Anwendungen bezogen auf den Veranstaltungsinhalt. Persönliche Schutzausrüstung, soweit möglich, bitte mitbringen. Diese steht in begrenztem Umfang auch zur Verfügung.

Anwendungszentrum

Anmeldung

Hiermit melde ich/melden wir folgende Personen an:

Name, Funktion/Stellung im Betrieb	Termin	Veranstaltung

Stempel/Unterschrift

Organisatorisches

Sollte eine Woche vor dem Veranstaltungstermin die Mindestteilnehmeranzahl nicht erreicht sein, behalten wir uns vor einen Ausweichtermin vorzuschlagen.

Bitte beachten Sie bei Ihrer Anmeldung die Voraussetzungen für die einzelnen Veranstaltungen!

Veranstaltungskosten:

- nach Vereinbarung
- Reise-, Verpflegungs- und Übernachtungskosten werden nicht übernommen

Wir bitten Sie notwendige Zimmerreservierung selbst vorzunehmen.

Externe Veranstaltungen nach Vereinbarung.

ANWENDUNGSZENTRUM

FRAGEBOGEN FÜR SCHWEISSVERSUCHE

KUNDE

Firma

Straße

Ort

Land

Kontaktperson

Telefon

Fax

E-mail Adresse

Partnerunternehmen und zuständiger Verkäufer

Name

Kontaktperson

Telefon

Fax

E-mail

ANWENDUNGSZENTRUM

FRAGEBOGEN FÜR SCHWEISSVERSUCHE

IST - ZUSTAND

Schweißverfahren

Schweißposition

Schweißspannung

Schweißstrom

Puls Standard

Drahtvorschubgeschwindigkeit

Schweißgeschwindigkeit

Grundwerkstoff

- f. Stahl: gestrahlt oder verzündert

- Zinkschicht in μ

Blechdicke/Rohrdicke mm

Rohr \therefore mm

Stumpfnahht:

Kehlnahht: amm

Lagenanzahl

Zusammenbautoleranzen

- Luftspalt

min.....mm; max.....mm

- Versatz

max.....mm

- Durchschweißung

ja nein

Schweißnahtskizze:

Kurzbeschreibung des Bauteils (Bitte Skizze od. Zeichnung beilegen !)

ANWENDUNGSZENTRUM

FRAGEBOGEN FÜR SCHWEISSVERSUCHE

Zusatzwerkstoff

- Hersteller

- Durchmesser

- Spulentyp

Schutzgas

Automatisierungsgrad

Gespannt oder geheftet

SOLL - ZUSTAND

Schweißgeschwindigkeit

Schutzgas

Zusatzwerkstoff

- Hersteller

- Durchmesser

- Spulentyp

Nahtführung

Automatisierungsgrad

Preisvorstellung

Bewertungsgruppe f. Unregelmäßigkeiten nach
EN25817 D/C/B

Schweißnahtprüfung

Ohne

Röntgen

Ultraschall

Härteprüfung

Sonstiges

Vollständig ausgefüllten Fragebogen senden Sie bitte an:

Anwendungszentrum

Tel:

Fax:

mailto:

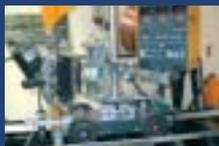


Schweißtechnische Lehranstalt Magdeburg
Gemeinnützige GmbH

Anerkannt als Ausbildungsstätte und Prüfstelle für
Schweißtechnik und Herstellerqualifikationen
zertifiziert nach DIN EN ISO 9001 : 2000
akkreditiert nach DIN EN ISO 17025

Schweißen will gelernt sein!

Sichern Sie sich Ihren Wettbewerbsvorteil durch schweißtechnisches Know how



Wir sind Ihr kompetenter Partner

- für** Schweißerausbildung im MAG-Schweißen, E-Schweißen, WIG-Schweißen, Gas-Schweißen und UP-Schweißen
- für** Fortbildungs- und Umschulungsmaßnahmen, die mit Prüfungen nach DIN EN 287, Druckgeräterichtlinie EG 97/23 und anderen geltenden Vorschriften abschließen
- für** Qualifikationen zum Schweißfachmann und zum Schweißgüteprüfer mit international anerkanntem Abschluss
- für** Erteilung von Herstellerqualifikationen

Wir sind Ihr autorisierter Dienstleister

- für** Werkstoff- und Schweißnahtprüfung mit den Prüfdienstleistungen: Durchstrahlungsprüfungen, Ultraschallprüfungen, Oberflächenrissprüfungen, metallografische Untersuchungen und mobilen Spektralanalysen
- für** Verfahrensprüfungen nach EN 288-3 und -4
- für** Aufschweißbiegeversuche
- für** Zugversuche in Dickenrichtung (Z-Güten)
- für** Nachtestierungen 3.1C sowie 3.1A für alle Abnahmeorganisationen



Wir sind für Sie da und beraten Sie gern!

Schweißtechnische Lehranstalt Magdeburg

An der Sülze 7, 39179 Barleben

Telefon: 03 92 03 / 7 61- 0

Telefax: 03 92 03 / 7 61- 55

E-Mail: info@sl-magdeburg.de

Internet: www.sl-magdeburg.de

Geschäftsbereich Dardesheim

Kleiner Knick 311 B, 38836 Dardesheim

Telefon: 03 94 22 / 9 56 9- 0

Telefax: 03 94 22 / 9 56 9- 25