AiF-Forschungsvorhaben-Nr. 14.961 B / DVS-Nr. 1.051
Zwischenbericht zur FA1-Sitzung am 29.04.2008

Themenlaufzeit: **01.09.2006-31.08.2008**
Berichtsdatum: **14.04.2008**

1 Forschungsthema

Schweißmetallurgische Untersuchungen zum Einsatz nicht rostender austenitischer Edelstähle für Anwendungen im Automobilbau

2 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Eine interessante Werkstoffgruppe für den Automobilbau stellen unter den Aspekten Leichtbau, Fertigung, Funktion, Qualität und fast 100 %ige Recyclingfähigkeit die nichtrostenden Edelstähle dar. Der Einsatz nichtrostender austenitischer niedrig Ni-haltiger Cr-Mn-N-Edelstähle mit guten Tiefzieheigenschaften, wie dem X8CrMnNi19-6-3 (1.4376, Nirosta H 400), erfordert vertiefende Untersuchungen im Hinblick auf ihr Verfestigungsverhalten und die daraus resultierenden Auswirkungen auf ihre Schweißbarkeit. Die schon bei relativ geringen Verformungen erreichbaren deutlichen Festigkeitssteigerungen bei diesen austenitischen Stählen über die Bildung von α'-Martensit sind von großem wirtschaftlichen Interesse, da sie ein großes Potential zur Einsparung an Bauteilgewicht bieten. Bislang liegen keine Erkenntnisse über die Eigenschaften von Schweißverbindungen an solchen kaltverfestigten Cr-Mn-N-Stahlblechen vor.

3 Forschungsziel / Lösungsweg / Ergebnisse

3.1.1 Forschungsziel

Das wesentliche Forschungsziel besteht darin, gesicherte Erkenntnisse zu den werkstoffspezifischen und schweißmetallurgischen Vorgängen in Schweißverbindungen des austenitischen hochlegierten Tiefziehstahles Nirosta H400 in Abhängigkeit der für das Lichtbogen- und Laserstrahlschweißen charakteristischen thermischen Zyklen zu erarbeiten. Diese sind sowohl für den Anlieferungs- als auch für den kaltverformten Zustand mit definierten Verfestigungen von wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Bedeutung. Weiterhin sollen, unter Berücksichtigung der für den Automobilbau charakteristischen Fertigungs- und Betriebsbedingungen, eine praxisnahe Schweißtechnologieentwicklung vor allem für das MAG-Schweißen erfolgen, da es sich bei diesem Schweißprozess um ein Verfahren handelt, welches sich beim Schweißen von nichtrostenden Stählen in kmU und im Automobilbau etabliert hat.

3.1.2 Lösungsweg

Die Bewertung der Schweißeignung von Nirosta H400 erfolgt mit Hilfe werkstoffkundlicher und schweißtechnischer Untersuchungsmethoden an dünnen Blechen der Werkstoffdicke 1,5 mm sowohl für den Anlieferungs- als auch für die weiteren Kaltverfestigungszustände. Der hoch legierte Standardaustenit X5CrNi18-10 (1.4301, Nirosta 4301) wird dabei auf Empfehlung der Mitglieder des FA 1 bei allen genannten Arbeitsschwerpunkten als Referenzlegierung in die Untersuchungen mit einbezogen. Zum Erreichen des Forschungsziels sind die in Tabelle 1 aufgeführten Arbeitsschwerpunkte geplant:

Tabelle 1: Balkenplan über Arbeitsschritte und Personaleinsatz

Arbeitsschritte	**1. Jahr (2006 – 2007)**				**2. Jahr (2007 – 2008)**			
1. Kaltverfestigen der Bleche durch Kaltwalzen und Eigenschaftsbestimmung der verschiedenen Zustände	X	-	-	-	-	-	-	-
2. Thermo-mechanische Simulation zum Umwandlungs- und Ausscheidungsverhaltens (Gleeble-Anlage)	-	X	-	-	-	-	-	-
3. Bestimmung der Heißrissneigung mit dem PVR-Test	-	-	X	-	-	-	-	-
4. Fertigung von Realschweißungen (WIG, MAG, Laser) und Prüfung der Nahteigenschaften	-	-	-	X	-	-	-	-
5. Auswertung der Ergebnisse aus Simulation und realer Schweißung	-	-	-	X	-	-	-	-
6. Technologieoptimierung für das MAG-Schweißen	-	-	-	-	X	X	-	-
7. Korrosionsprüfungen an ausgewählten MAG-Schweißen (VDA 621-415)	-	-	-	-	-	-		-
8. Durchführung von Verifikationsschweißungen	-	-	-	-	-	-	-	
9. Schlussbericht	-	-	-	-	-	-	-	

X abgearbeitet bzw. in Bearbeitung

3.1.3 Ergebnisse

<u>Arbeitsschwerpunkt 1:</u>

siehe Zwischenberichte vom 7.12.2006 und 09.05.2007

<u>Arbeitsschwerpunkte 2-5:</u>

siehe Zwischenbericht vom 5.12.2007

<u>Arbeitsschwerpunkt 6:</u>

Im sechsten Arbeitsschwerpunkt erfolgt die Optimierung der Verbindungsqualität für das MAG-Schweißen von I- und Überlappnähten der im Anlieferungs- und kaltverfestigten Zustand vorliegenden Bleche von Nirosta H400 und Nirosta 4301 in verschiedenen Schweißpositionen. Ziel der Optimierung ist ein geringer Wärmeeintrag zur Verringerung des Verzuges, der Anlauffarben, der Spritzer und der Breite der WEZ unter der Bedingung einer akzeptablen äußeren Nahtgeometrie und guten Nahtqualität.
Gemäß dem Forschungsantrag sollten hierfür die Verfahrensvarianten MAGp, MAGk, AC-MAGp und MAGp-Synchropuls vergleichend gegenübergestellt werden. Im pbA wurde jedoch aufgrund der zwischenzeitlichen gerätetechnischen Entwicklungen beschlossen, sich auf die Verfahrensvarianten MAGp, MAGk und MAG-CMT zu konzentrieren. Die Schweißversuche wurden daher mit der Stromquelle TPS 4000 CMT der Fa. Fronius durchgeführt.
Obwohl für beide CrNi-Stähle gemäß den Werkstoffdatenblättern verschiedene Schweißzusätze / Schutzgase zum Herstellen von artgleichen und Mischverbindungen empfohlen werden, ist in diesem AP auch der Einfluss verschiedener austenitischer bzw. austenitisch-ferritischen Massivdrahtelektroden (siehe Tabelle 2) und des Schutzgases (97,5 % Ar / 2,5 % CO_2, 78 % Ar / 20 % He / 2 % CO_2) bzw. Wurzelschutzgases (90 % N_2 / 10 % H_2, 98 % Ar / 2 % H_2) untersucht worden.

Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung und mechanisch-technologische Eigenschaften der Schweißgüter der verwendeten Schweißzusätze (gemäß Hersteller)

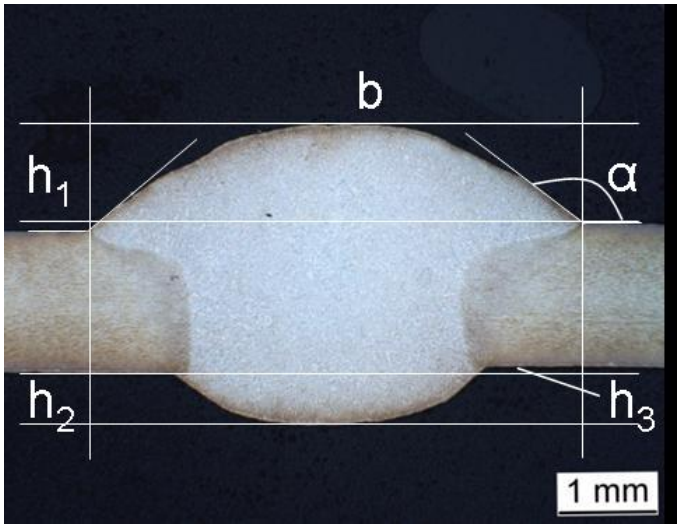
Massivdrahtelektroden (Ø 1,0 mm)	Richtanalyse des Schweißdrahtes [%]							Mechanische Gütewerte bei RT		
EN 12072	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	$R_{p0,2}$ [N/mm²]	R_m [N/mm²]	A [%]
G 19 9 LSi (1.4316)	0,020	0,9	1,7	20,0	10,0	-	-	350	570	35
G 18 8 Mn (1.4370)	0,080	0,8	7,0	19,0	9,0	-	-	370	600	35
G Z22 17 8 4 N L (1.3954)	0,030	0,7	7,3	22,2	18,0	3,6	0,24	430	640	30
G 20 16 3 Mn N L (1.4455)	0,030	0,5	7,5	20,5	15,5	3,0	0,18	430	650	30
G 22 9 3 N L (1.4462)	0,025	0,5	1,6	23,0	9,0	3,0	0,14	510	700	25

Zur Charakterisierung der Schweißnahtqualität wurden bislang folgende Prüfungen herangezogen:

- Sicht- und Durchstrahlungsprüfung,
- statische Querzugversuche,
- Biegeversuche und
- Metallographie.

Außerdem sind noch Härtemessungen, Schwingfestigkeitsversuche und Korrosionsprüfungen zur weiteren Charakterisierung der Verbindungsqualität geplant.

Mit den Schweißzusätzen 1.4316 und 1.4370 konnten mit den genannten Verfahren und Schutzgasen sowie einer gewählten Schweißgeschwindigkeit von 70 cm/min stabile und spritzerarme Schweißprozesse eingestellt werden. Die Sicht- und Durchstrahlungsprüfungen zeigten poren- und rissfreie Schweißnähte, die bezüglich der Qualitätskriterien Naht- und Wurzelüberhöhung die Bewertungsgruppe B und hinsichtlich Nahtanstiegswinkel die Bewertungsgruppe C nach EN ISO 5817 erreichten (Messschema im Bild 1). Die Verwendung von ArH_2 als Wurzelschutzgas hatte zudem visuell eine deutlich blankere Wurzel zur Folge als der Einsatz des Formiergases N_2H_2.



h1: Nahtüberhöhung
b: Nahtbreite
h2: Wurzelüberhöhung
h3: Kantenversatz
α: Nahtanstiegswinkel

Bild 1: Messschema der I-Nähte

Zur Durchführung der Zugversuche an den I-Nähten wurden die Nahtüberhöhungen auf der Wurzel- und Decklagenseite der Schweißnähte blecheben abgeschliffen. Im Ergebnis dieser Prüfungen rissen die Zugproben aller Werkstoff- und Verfahrenskombinationen zum überwiegenden Teil im Bereich der Schmelzlinie / Schweißgut. Die Festigkeits- und Bruchdehnungswerte der MAG-Schweißnähte orientierten sich dabei am Niveau der beiden CrNi-Stähle, d.h. die Schweißungen am Nirosta H400 erreichen höhere Rm- und $R_{P0,2}$-Werte bei geringeren Bruchdehnungen als die am Nirosta 4301. Beispielhaft ist dies im Bild 2 und 3 graphisch gegenübergestellt.
Ein relevanter Einfluss des Schweißprozesses bzw. der Schutzgase auf die Festigkeitskennwerte war nicht zu verzeichnen.

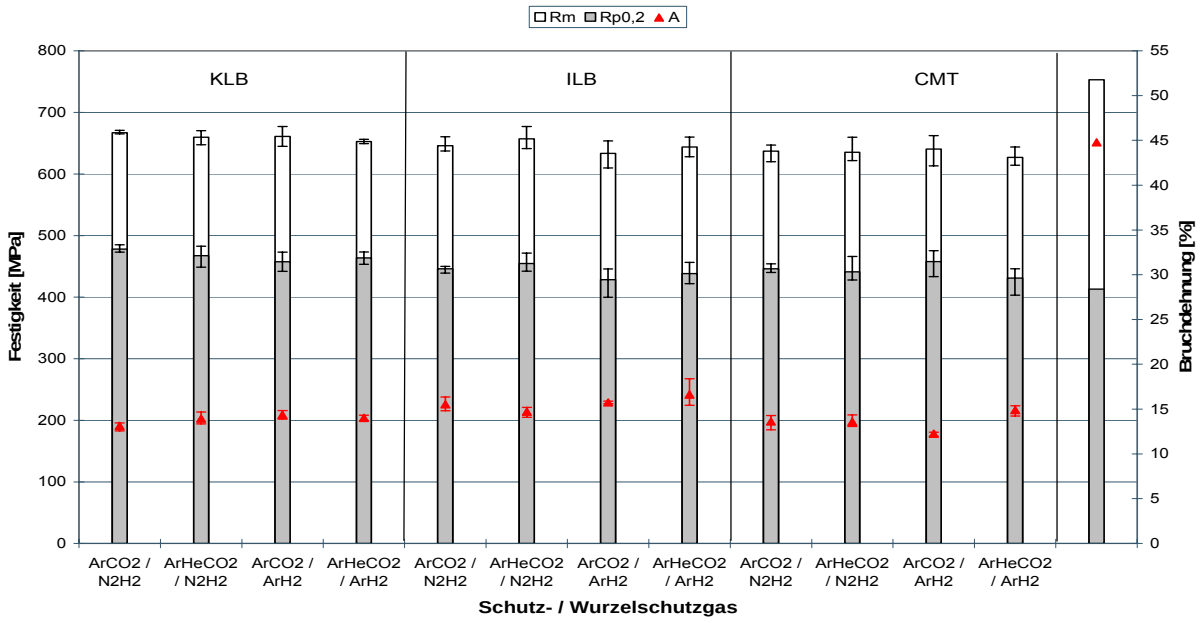


Bild 2: Ergebnisse der Zugversuche der Schweißungen am Nirosta H400 mit dem Schweißzusatz 1.4316

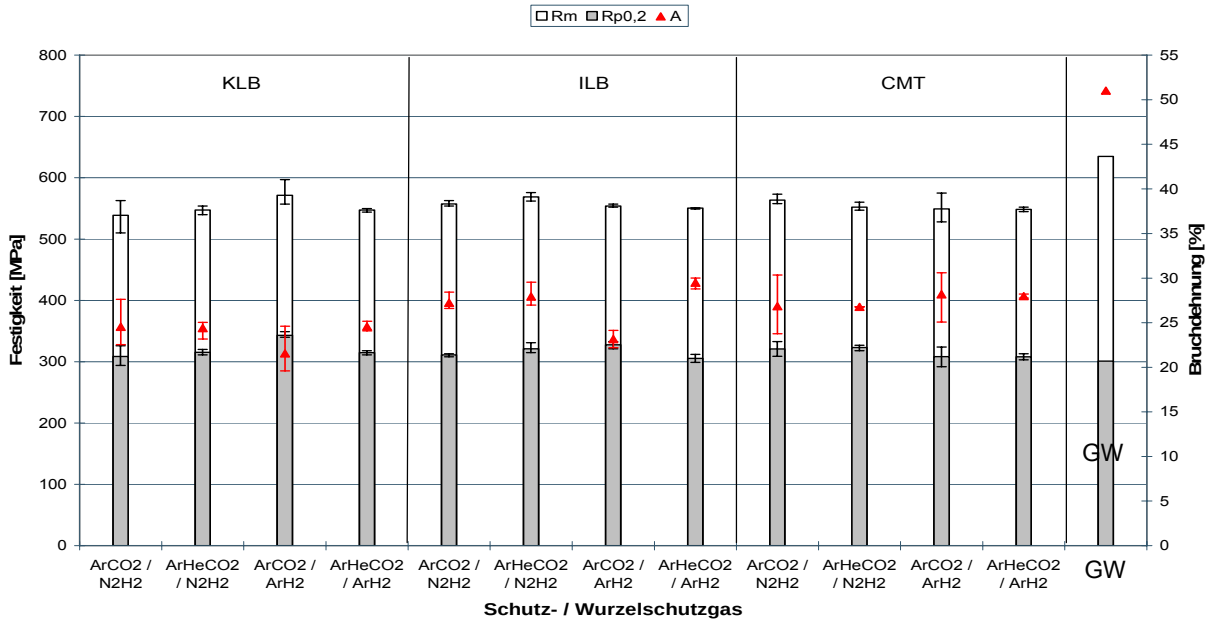


Bild 3: Ergebnisse der Zugversuche der Schweißungen am Nirosta 4301 mit dem Schweißzusatz 1.4316

Die Schweißungen mit den austenitischen Massivdrahtelektroden 1.3954 und 1.4455, die sich durch einen erhöhten Stickstoffanteil auszeichnen, zeigten bei Verwendung des Schutzgases $ArCO_2$ und des Wurzelschutzgases N_2H_2 trotz Parameteroptimierung und unabhängig vom Grundwerkstoff eine erhöhte Spritzerneigung. Diese konnte durch die Anwendung des 3-Komponenten-Schutzgases $ArHeCO_2$ und des Wurzelschutzgases ArH_2 deutlich reduziert werden. Bezüglich innerer und äußerer Nahtunregelmäßigkeiten erreichten diese Schweißnähte auch die Bewertungsgruppen B (Naht- und Wurzelüberhöhung) und C (Nahtanstiegswinkel).

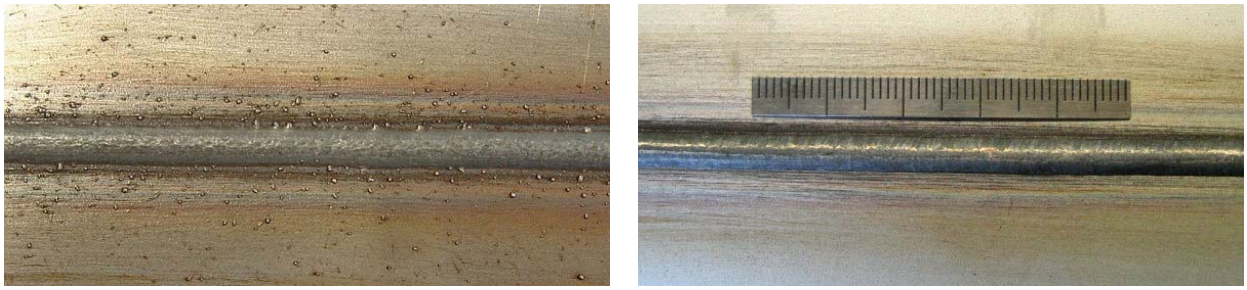


Bild 4: MAGk-Schweißungen an Nirosta H400 mit Schweißzusatz 1.4455 und Schutzgas $ArCO_2$ (links) und $ArHeCO_2$ (rechts)

Neben den noch zu fertigenden Schweißungen mit dem Zusatzwerkstoff G 22 9 3 N L (W.-Nr.: 1.4462) erfolgt momentan die Auswertung der geschweißten Überlappstöße mit den aufgeführten Verfahren, Schweißzusätzen und Schutzgasen. Anschließend werden mit den optimierten Parametern die Schweißungen an den kaltverfestigten Zuständen realisiert.

4 Wirtschaftliche Bedeutung der angestrebten Forschungsergebnisse, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen

Die Zulieferfirmen der Automobilindustrie werden häufig mit neuartigen hochfesten Stahlfeinblechen konfrontiert, für die sie nicht das notwendige schweißtechnische Know-how haben. Dieses kann nur durch anwendungsorientierte Forschungen erarbeitet und aufbereitet werden. Die im Rahmen dieses Projektes zu erwartenden Erkenntnisse zur Schweißmetallurgie und zum schweißtechnischen Verhalten der in verschiedenen Verfestigungszuständen vorliegenden hochfesten nichtrostenden Cr-Mn-N-Legierungen vom Typ Nirosta H400 verhelfen dazu, kleine und mittlere Zulieferfirmen auf diese Werkstoffe vorzubereiten und den Werkstoff Edelstahl im Problemkreis „Leichtbau in der Automobilindustrie“ zu etablieren.

5 Transfer und Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse speziell in kleine und mittlere Unternehmen

Die Kurzfassung des Vorhabens wurde in das Forschungsportal Sachsen-Anhalt (http://www.forschung-sachsen-anhalt.de) aufgenommen und ist damit über das Internet präsent. Die Forschungsergebnisse wurden bislang auf den FA 1- und PBA-Sitzungen vorgestellt. Zudem ist eine Publikation auf der GST 2008 in Dresden geplant. Starkes Interesse an den Forschungsergebnissen, speziell zum Laserschweißen an den Nirosta-Güten, hat zwischenzeitlich die Firma Alstom LHB GmbH, Salzgitter bekundet. Sie arbeitet ab sofort im PBA mit und unterstützt das Projekt mit weiteren Laserschweißungen.

6 Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses

Mitglieder	Firma	kmU	12.10.06	17.04.07	15.11.07
Dr. Jüttner	Volkswagen AG, Wolfsburg	-	X	X	X
Dipl.-Ing. Weber	Böhler Thyssen Schweißtechnik GmbH, Hamm	-	-	X	-
Dipl.-Ing. Wolters	Praxair GmbH, Düsseldorf	-	-	-	-
Dipl.-Ing. Bouchholz	Thyssen Krupp Nirosta GmbH, Düsseldorf	-	X	-	-
Dr. Cui	Zeuna Stärker GmbH, Augsburg	-	-	-	-
Dr. Ude	Gesellschaft f. Wirtschaftsförderung mbH, Harzgerode	X	-	-	-
Dipl.-Ing. Krüger	MSZ GmbH, Blankenburg	X	-	-	X
Dipl.-Ing. Giggel	Vorrichtungsbau Giggel GmbH, Bösdorf	X	-	X	-
Dipl.-Ing. Heydenreich	MSS Magdeburger Schweißtechnik GmbH, Magdeburg	X	X	X	X
Dipl.-Ing. Supplie	Metallkonstruktion Supplie GmbH, Königsborn	X	X	X	X

Der nächste PBA ist für den 24.04.2008 in Magdeburg geplant.

7 Durchführende Forschungsstelle

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Werkstoff- und Fügetechnik (IWF)
Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg

- Leiter der Forschungsstelle: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. E. h. Horst Herold
- Projektleiter: Dr.-Ing. Manuela Zinke
- Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Stefan Hase

Magdeburg, 14.04.2008