

Über die Beeinflussung der Eigenschaften des Grundwerkstoffs bei der Instandsetzungsschweißung vergüteter Einzelteile

Dozent Dr.-Ing. G. Kamenarow, KDT/Ing. Ursula Pankow
Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

Einleitung

Die industriemäßige schweißtechnische Aufarbeitung verschlissener Einzelteile in der Landtechnik hat sich dominierend durchgesetzt. Besondere Bedeutung kommt hierbei dem MAG-Schweißen zu. Es ist energetisch und ökonomisch günstiger als viele andere Aufarbeitsverfahren. In bezug auf die erreichbaren Qualitätsparameter ist die MAG-Schweißung noch verbesserungsbedürftig und entspricht nicht immer der Forderung zur Maximierung des Gebrauchswerts des instandgesetzten Teils. Nach [1] beträgt die Abnahme der Dauerfestigkeit der durch das einmalige MAG-Auftragsschweißen instand gesetzten Teile zwischen 20 und 40%. Viele Teile werden aber mehrmals schweißtechnisch aufgearbeitet. Gegenwärtig ist das Auftragschweißen mit mehr als 60% an der Einzelinstandsetzung beteiligt. Die Frage der Werkstoffqualität bezüglich der Festigkeit und des Verschleißwiderstands rückt aus materialökonomischer Sicht immer mehr in den Vordergrund. Die für die Verschleißbeanspruchung von der Konstruktion her vorgesehenen Werkstoffe sind meistens un- bzw. niedriglegierte Vergütungs- bzw. Einsatzstähle. Der durch die Wärmebehandlung erzwungene Werkstoffzustand, der nicht nur für die Verschleißbeanspruchung vorgesehen ist, sondern auch die Tragfähigkeit der Teile gewährleistet, wird durch die thermische Lichtbogeneinwirkung beim Schweißen meistens ungünstig beeinflusst. Um qualitative und quantitative Aussagen über die Auswirkungen des mehrmaligen Auftragsschweißens auf den Grundwerkstoff zu erhalten, wurden an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg Untersuchungen durchgeführt. Als Untersuchungsobjekt dienten Probekörper unterschiedlichen Durchmessers aus niedriglegiertem Vergütungsstahl 40Cr4 (aus diesem Stahl werden Achsschenkel, Kurbelwellen u. a. gefertigt) im vergüteten Zustand (Bilder 1 und 2).

Die Schweißparameter richteten sich nach den in den Betrieben der landtechnischen Instandsetzung üblichen Technologien. Dabei wurde der Einfluß der Schweißparameter auf die Gefügeausbildung und das Festigkeitsverhalten bei ein- und mehrmaligen schweißtechnischen Auftrag untersucht.

1. Einfluß der Schweißparameter auf den Grundwerkstoff

Eine sehr große Anzahl der schweißtechnisch aufgearbeiteten Teile sind rotationssymmetrisch. Bedingt durch die relativ langsame Axial-Schweißgeschwindigkeit, die räumliche Begrenztheit der Teile und ihres Durchmessers (meist zwischen 30 und 90 mm) ergeben sich einige Besonderheiten gegenüber der Verbindungsschweißung. Bezüglich der thermischen Beeinflussung des Grundwerkstoffs kommt der Schweißstromstärke die größte Bedeutung zu. Das Vergütungsgefüge des Grundwerkstoffs wird je nach vorhandenem Temperatur-Zeit-Verhältnis in unterschiedlichem Maß negativ beeinflusst. Dieses Gefüge bleibt nach dem Schweißen erhalten, da durch die Entwicklung von karbidhaltigen Zusatzwerkstoffen die Qualitätsparameter der Auftragschicht meist ausreichen und auf eine Wärmebehandlung zur Wiederherstellung des Kerngefüges und damit der Kernfestigkeit verzichtet werden kann.

1.1. Wärmeeinfluszonen

Das Auftragschweißen vergüteter Werkstoffe zeigt eine Besonderheit, auf die in der schweißtechnischen Literatur bis jetzt kaum eingegangen worden ist. Neben der üblichen Wärmeeinfluzzone ist noch eine wärmebeeinflusste Zone vorhanden, die durch die hohe Verweilzeit des vergüteten Kernwerkstoffs im niedrigen Austenitbereich entsteht und mit dem Normalglühen vergleichbar ist.

Diese wärmebeeinflusste Zone erfährt z. B. nach siebenmaligem Auftrag bei einer Probe (Durch-

messer 90 mm) deren gesamten Querschnitt (Bild 3).

Das Mikrobild des schweißtechnisch unbeeinflussten Kernwerkstoffs zeigt das typische Vergütungsgefüge, die gehärtete Randzone ist martensitisch. Mit zunehmender thermischer Beeinflussung nehmen die Anlaßerscheinungen zu. Nach einem siebenmaligen Auftrag bei den Proben von Durchmesser 90 mm nähert sich das Gefüge dem normalisierten Zustand, d. h., der ursprüngliche Vergütungszustand ist vollkommen abgebaut. Hinzu kommt die erzwungene thermische Alterung, die das Festigkeits- und Zähigkeitsbild noch mehr verschlechtert. Besonders negativ wirkt sich auf den Gefügeabbau die Schweißstromstärke aus. Hierbei gilt die Regel: Je höher die Schweißstromstärke, desto größer die Tiefenwirkung der Zerstörung des Vergütungsgefüges.

Die mehrmalige Schweißung übt auch einen sehr negativen Einfluß auf die Ausbildung und die Breite der Wärmeeinfluzzone aus. Nach einer dreimaligen Schweißung ist die Grobkornzone (Bild 4) sehr ausgeprägt und beträgt bereits das 10fache einer Probe mit einmaligem Auftrag. Eine weitere schweißtechnische Aufarbeitung führt zur unwesentlichen Vergrößerung des Kornes, die Breite der Grobkornzone nimmt aber weiter zu.

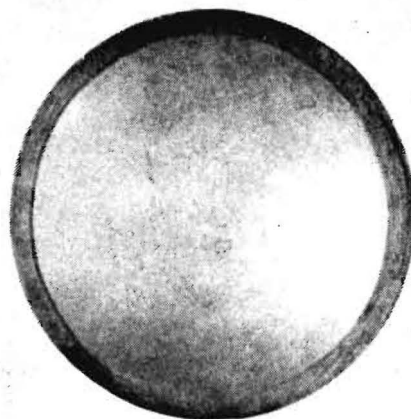
1.2. Härteverlauf

Der Härteverlauf im Querschnitt der Probe, beim Schweißen mit dem Zusatzwerkstoff 30 Mn Cr Ti 5, zeigt Unterschiede in Abhängigkeit von der Stromstärke (Bild 5). Die Härte der aufgetragenen Schicht erreicht bei einer Stromstärke von 100 A ihr Maximum. Der Grund hierfür ist der relativ niedrige Vermischungsgrad. Das Ansteigen des Vermischungsgrads, die für die Rundauftragsschweißung typische Schmelzbadausbildung, die veränderten Abbrandverhältnisse und nicht zuletzt die für die Karbidbildung zur Verfügung stehende Zeit

Bild 1. Aufgeschweißte Probe aus 40Cr4



Bild 2. Makroschliff eines Probekörpers aus 40Cr4 in vergütetem Zustand (Ø 40 mm)



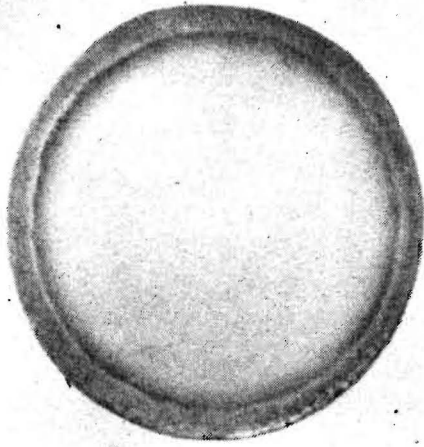


Bild 3. Makroschliff einer siebenmalig aufgetragenen Probe aus 40Cr4. Die wärmebeeinflusste Zone umfaßt den gesamten Querschnitt, die Wärmeeinflußzone ist sehr ausgeprägt

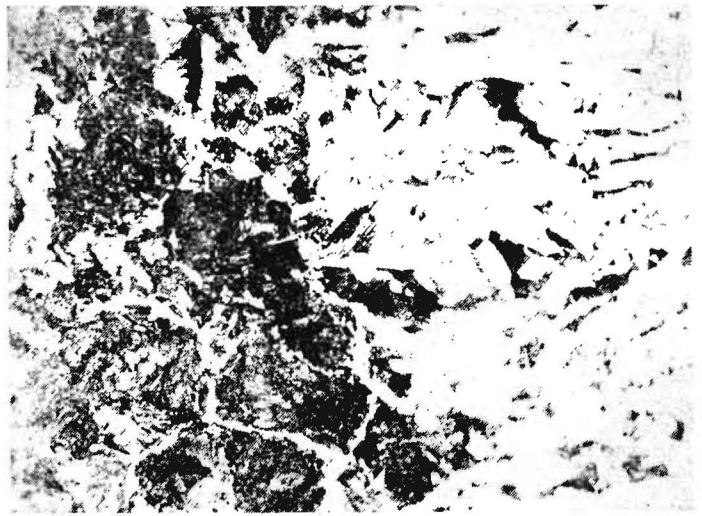


Bild 4. Grobkornbildung in der Wärmeeinflußzone nach dreimaligem Aufschweißen

führen zum Absinken der Oberflächenhärte, so daß bei Stromstärken um 150 A die Wärmeeinflußzone höhere Härte als die Auftragsschicht aufweist.

Besonders ungünstig wirkt sich das Aufschweißen mit Zusatzwerkstoff 10 Mn Si 8 aus. Dieser sonst für das Verbindungsschweißen vorgesehene Zusatzwerkstoff ist leider heute noch in den Schweißtechnologien einiger Instandsetzungswerke zu finden. Bild 6 macht die

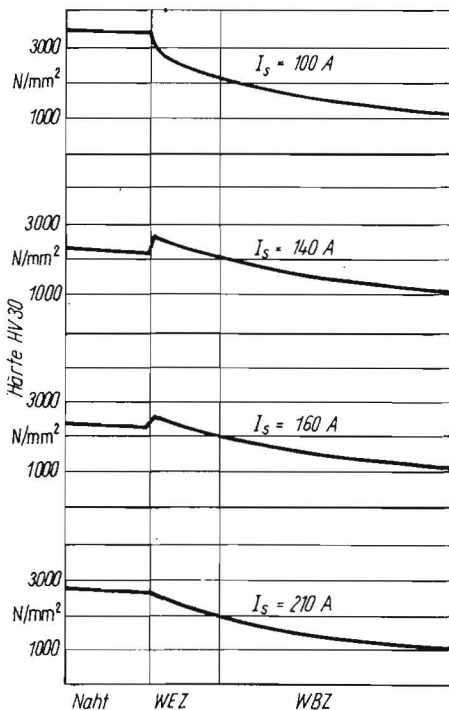
negative Auswirkung bei der Verwendung dieses Zusatzwerkstoffs deutlich. Die ursprüngliche Oberflächenhärte des Teils und die Kernhärte werden herabgesetzt.

Ein mit diesem Zusatzwerkstoff instand gesetztes Teil kann nur durch eine Einsatzhärtung wieder verwendungsfähig gemacht werden. Dies ist aber aus ökonomischen und energetischen Gesichtspunkten nicht zu vertreten.

zunehmenden Zerstörung des Grundwerkstoffs und somit dem Festigkeits- und Zähigkeitsbild entgegen. Die schweißtechnische Verfahrensentwicklung muß dieser Tatsache Rechnung tragen. Es gilt hierbei die Tiefenwirkung des Schweißlichtbogens ohne Verluste der Abschmelzleistung zu minimieren.

Literatur

- [1] Kastner, G.: Schweißtechnische Richtlinien für die Instandsetzung von Einzelteilen landtechnischer Arbeitsmittel. Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal
- [2] Eichler, Chr.: Instandhaltungstechnik. Berlin: Verlag Technik, 1979.
- [3] Verfahrenskennblatt Auftragsreparaturschweißen und Lichtbogenmetallspritzen. VEB Rationalisierung Landtechnische Instandsetzung Neuenhagen, 1979.
- [4] Mertens, G.: Verfahrens- und werkstofftechnische Untersuchungen beim Instandsetzen von Achsschenkeln. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dipl.-Arbeit 1979 (unveröffentlicht).
- [5] Machnenko, V.: Theoretische und technologische Grundlagen der Auftragsschweißung. Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR, Kiew 1977.
- [6] Ellermann, F.: Verfahrens- und werkstoffspezifische Zusammenhänge beim Lichtbogen-Auftragschweißen an rotationssymmetrischen Teilen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dipl.-Arbeit 1980. A 2931



1.3. Kernfestigkeit

Die Herabsetzung der Kernfestigkeit ist eine der unerwünschten Erscheinungen bei der Instandsetzungsschweißung vergüteter Einzelteile. Der Gefügeabbau, der von den Schweißparametern, vom Durchmesser der Teile und von der Anzahl der Auftragungen abhängig ist, findet seinen zahlenmäßigen Ausdruck im Herabsetzen der Festigkeitswerte (Tafel 1).

2. Zusammenfassung

Die werkstofftechnischen Untersuchungen an auftragsschweißten rotationssymmetrischen Teilen aus dem vergüteten Werkstoff 40Cr4 zeigen in ihrer Gesamtheit einige entgegengesetzte Tendenzen. Die Bestrebung, mit möglichst hohen Stromstärken und somit mit einer hohen Produktivität zu arbeiten, steht der

Bild 5. Härteverlauf bei unterschiedlichen Stromstärken. Grundwerkstoff 40 Cr 4, Zusatzwerkstoff 30 Mn Cr Ti 5 (WEZ Wärmeeinflußzone, WBZ wärmebeeinflusste Zone)

Tafel 1. Festigkeitsverlust nach dreimaligem Auftragsschweißen bei den Proben von 30 mm Durchmesser

	Kernfestigkeit im vergüteten Zustand	Kernfestigkeit nach dreimaligem Aufschweißen	Festigkeitsverlust
	N/mm ²	N/mm ²	%
Steckgrenze	1300	550	57
Zugfestigkeit	1500	880	56
Biegewechselfestigkeit	600	320	47

Bild 6. Härteverlauf im Querschnitt einer Probe aus 40Cr4 im Vergütungszustand und nach einmaligem Aufschweißen mit dem Zusatzwerkstoff 10 Mn Si 8

