

Reparaturen an großen Gussstücken durch Schweißen

Dipl. – Ing. Karlheinz Bangel, Buderus Guss GmbH, Wetzlar

1. Einleitung

Als man Mitte dieses Jahrhunderts an die Entwicklung eines neuen Eisenwerkstoffes ging, hatte man sich zum Ziel gesetzt einen Werkstoff zu entwickeln, der die Eigenschaften von Stahl (Höhere Zugfestigkeiten bei gleichzeitiger Dehnung) und Gusseisen (gute Gießbarkeit) kombiniert.

Dieses schien durch die Legierung mit Seltenen Erden gelungen zu sein. Später wurden die teueren Seltenen Erden durch Magnesium ersetzt und der Werkstoff Gusseisen mit Kugelgraphit war erfunden.

Als man jedoch in den siebziger Jahren begann, diesen Werkstoff in größeren Stückgewichten herzustellen und die Anforderungen sowie die Gestaltung dieser Stücke immer größer und komplizierter wurden, nahmen auch die Herstellungskosten dieser Teile zu, wodurch auch das Risiko und ggf. die Ausschusskosten für diese Teile anstiegen. Um dieser Entwicklung entgegen zu wirken, mussten Reparaturkonzepte entwickelt werden, bei denen die Werkstoffeigenschaften berücksichtigt werden.



Bei der Entwicklung von Reparaturmethoden für Gusseisen mit Kugelgraphit griff man zuerst auf die gängigen Methoden von Graugussreparaturen zurück, die damals nur mechanischer Art waren (Klammern und Riegeln). Erst zu Beginn der achtziger Jahre wurden auch Schweißverfahren für Gusseisen mit Kugelgraphit vermehrt eingesetzt.

Da jedoch die meisten Konstrukteure diese Methoden und die unterschiedlichen Möglichkeiten dieser Schweißreparaturen an Gussstücken mit Kugelgraphit nicht kennen, ist der Einsatz von Reparaturschweißungen immer noch sehr umstritten.

In diesem Beitrag sollen die Möglichkeiten der verschiedenen Schweißverfahren erläutert werden und durch Praktische Beispiele untermauert werden.

2. Schweißverfahren für Gusseisen mit Kugelgraphit

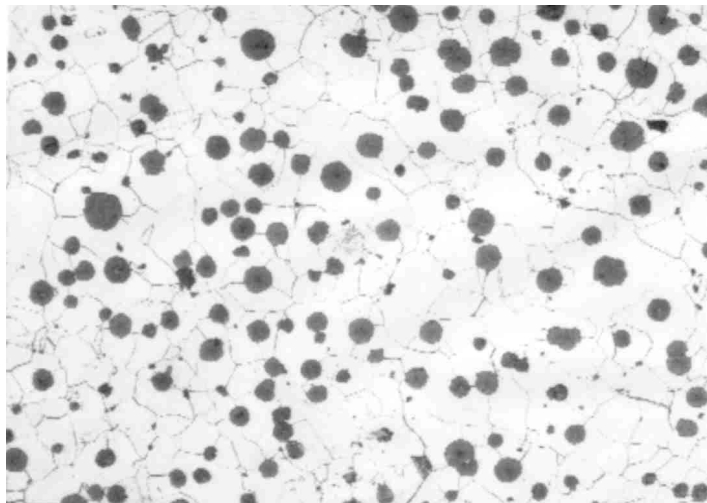
In der Praxis finden heute vier Schweißverfahren für Gusseisen mit Kugelgraphit ihre Anwendung.

1. Elektrisch
2. Autogen
3. Artgleiche Flüssigschweißung
4. Artgleiche Pulverschweißung

Die Entscheidung, welches Schweißverfahren verwendet werden kann, richtet sich nach der Größe der zu reparierenden Stelle und deren Lage, sowie nach dem Fertigungsstand des zu reparierenden Teiles, wobei es unumgänglich ist die an den Werkstoff an dieser Stelle geforderten mechanischen Eigenschaften zu kennen.

Da bei Gusseisen mit Kugelgraphit der Graphit im Gefüge eingebunden ist, ähnlich wie bei Grauguss, kommt es zu einer größeren Wärmeableitung als bei Stahl. Wodurch es notwendig wird, dass das zu reparierende Stück entsprechend vorgewärmt werden muss, um einen guten Übergang von Schweißgut und Grundwerkstoff zu gewährleisten. Für die unterschiedlichen Schweißverfahren werden auch unterschiedliche Vorwärmtemperaturen benötigt.

Nur bei der elektrischen Schweißung mit einer Eisen-Nickel- Legierung sind die Vorwärmtemperaturen so gering (partiell 100 – 200°C), dass es möglich ist, auch bearbeitete Gussstücke ohne Verzug zu schweißen.



Bei allen anderen Schweißverfahren muss das zu schweißende Teil vorgewärmt werden auf eine Temp. von über 500°C und in der Regel noch mit einer Wärmebehandlung nachbehandelt werden, wodurch eine Schweißung von bearbeiteten Teilen aufgrund des Verzuges nicht mehr möglich ist.

Eine Eisen-Nickel-Schweißung ist jedoch durch die mechanischen Eigenschaften nicht überall einsetzbar, da die Festigkeiten in der Schweißung unter denen des Grundwerkstoffes liegen und auch die Bruchdehnung durch die Nickelmartensitbildung negativ beeinflusst werden.

Die einzelnen Schweißverfahren, deren Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten stellen sich deshalb wie folgt dar:

2.1 Elektrisch

2.1.1 Eisen-Nickel-Schweißung

Schweißgut:	Eisen-Nickel-Legierung
Vorwärmtemp. :	max 200°C
Zugfestigkeit :	um 400 N/mm ²
Bruchdehnung:	bis 10 %
Härte:	150 –200 HB
Besonderheiten:	hellmetallisches Schimmern der geschweißten Flächen.
Einsatzgebiete:	

- Kosmetische Schweißungen
- Dichtschweißungen an nicht mechanisch hoch beanspruchten Stellen



Besonderheiten:

- Verwendung auch an schlecht zugänglichen Stellen möglich, da keine oder nur geringe Vorwärmung notwendig ist.
- Die Schweißung muss in der Regel durch Hämmern der Schweißnähte von den Schrumpfspannungen befreit werden.

2.1.2 Elektrisch mit artgleicher Elektrode

Schweißgut:	artgleiches Material
Vorwärmtemp.:	ca. 500 – 600°C an der zu schweißenden Fläche höher.
Zugfestigkeit:	ähnlich GGG 40 bzw. EN GJS 400
Bruchdehnung:	ähnlich GGG 40 bzw. EN GJS 400
Härte	ähnlich GGG 40 bzw. EN GJS 400

Einsatzgebiete:

- Kosmetische Schweißungen auf Bearbeitungsflächen, die nicht optisch sichtbar sein dürfen.
- Dichtschweißungen an mechanisch hoch beanspruchten Stellen
- Reparaturschweißungen an kleineren Fehlstellen.

Besonderheiten:

- Verwendung auch an schlecht zugänglichen Stellen nur bedingt möglich, da eine hohe Vorwärmung notwendig ist.
- Nach dem Schweißen muss eine Spannungsarmglühung erfolgen, dadurch kann dieses Verfahren nicht bei endbearbeiteten Teilen erfolgen.

2.2 Autogen

Schweißgut:	artgleiches Material
Vorwärmtemp.:	ca. 500 – 600°C an der zu schweißenden Fläche höher.
Zugfestigkeit:	ähnlich Grundmaterial
Bruchdehnung:	ähnlich Grundmaterial
Härte	ähnlich Grundmaterial

Einsatzgebiete:

- Reparaturschweißungen an größeren Fehlstellen, die gut zugänglich sind und die gleichen Eigenschaften wie das Grundgefüge besitzen müssen.



Besonderheiten:

- Verwendung an schlecht zugänglichen Stellen meist nicht möglich, da eine hohe Vorwärmung notwendig ist.
- Nach dem Schweißen muss eine Spannungsarmglühung erfolgen, dadurch kann dieses Verfahren nicht bei endbearbeiteten Teilen erfolgen.
- Die zu schweißende Stelle muss in Wannenlage gebracht werden.
- Der Abbrand von Legierungselementen muss durch entsprechende Überlegierung der einzelnen Elemente aufgefangen werden.

2.2 Artgleiche Flüssigschweißung

Schweißgut:	artgleiches Material
Vorwärmtemp.:	ca. 600°C an der zu schweißenden Fläche höher.
Zugfestigkeit:	ähnlich Grundmaterial
Bruchdehnung:	ähnlich Grundmaterial
Härte	ähnlich Grundmaterial

Einsatzgebiete:

- Reparaturschweißungen an großen Fehlstellen, wie Wanddurchbrüchen.

Besonderheiten:

- Um eine gute Verbindung zwischen Schweißgut und Grundwerkstoff zu gewährleisten, ist es notwendig, dass flüssiges Eisen ständig durchfließen kann.
- Während des Schweißens muss die Aufschweißung des Grundmaterials geprüft werden und der Ablauf verschlossen werden.
- Nach dem Schweißen muss eine Spannungsarmglühung erfolgen, dadurch kann dieses Verfahren nicht bei endbearbeiteten Teilen erfolgen.
- Die zu schweißende Stelle muss in Wannenlage gebracht werden.
- Das notwendige Übermaterial muss meist mechanisch abgearbeitet werden.
- Sehr kostenintensives Verfahren.
- Aufgrund der langen Anmelzzeit des Grundwerkstoffes muss der Abbrand von Legierungselementen durch entsprechende Überlegierung der einzelnen Elemente aufgefangen werden.



2.3 Artgleiche Pulverschweißung

Schweißgut:	artgleiches Material
Vorwärmtemp.:	ca. 500 – 600°C an der zu schweißenden Fläche höher.
Zugfestigkeit:	ähnlich Grundmaterial
Bruchdehnung:	ähnlich Grundmaterial
Härte	ähnlich Grundmaterial

Einsatzgebiete:

- Reparaturschweißungen an größeren Fehlstellen, die gut zugänglich sind und die gleichen Eigenschaften wie das Grundgefüge besitzen müssen.
- Verwendung hauptsächlich dort wo autogenes Schweißen nicht mehr möglich ist und das Flüssigschweißen zu teuer wird.

Besonderheiten:

- Verwendung an schlecht zugänglichen Stellen meist nicht möglich, da eine hohe Vorwärmung notwendig ist.
- Nach dem Schweißen muss eine Spannungsarmglühung erfolgen, dadurch kann dieses Verfahren nicht bei endbearbeiteten Teilen erfolgen.
- Die zu schweißende Stelle muss in Wannenlage gebracht werden.

- Der Abbrand von Legierungselementen muss durch entsprechende Überlegierung der einzelnen Elemente aufgefangen werden.
- Es gibt z..Z.. kaum Hersteller für die benötigten Pulver.
- Das Verfahren ist erst in der Einführungsphase.

3. Zusammenfassung

Die derzeitig verwendeten Schweißverfahren für Gusseisen mit Kugelgraphit haben sich in den letzten Jahren erheblich verbessert und die Akzeptanz dieser Verfahren hat bei den Konstrukteuren zugenommen.

Für jeden Schweißfall muss entschieden werden, welches Schweißverfahren das geeignete für diesen einen speziellen Fall ist.

Um zu gewährleisten, dass die Schweißung am Ende auch die geforderten Eigenschaften aufweist, ist ein großes Erfahrungspotential für die Auswahl des Schweißgutes und die Durchführung der Schweißung erforderlich.

Trotz aller bisherigen Bemühungen ist es bis jetzt noch nicht gelungen, ein artgleiches Schweißverfahren für große Gussstücke aus Gusseisen mit Kugelgraphit einzuführen, dass nach dem Bearbeiten dieser Teile verzugarm durchgeführt werden kann, da bei allen artgleichen Schweißverfahren immer eine Spannungsarmglühung erforderlich wird. Einzige Alternative bleibt in solchen Fällen nur eine Eisen-Nickel-Schweißung.