

Gesenkschmieden und Schweißen

Von Dr.-Ing. Hans-Jürgen Vogt, Warstein-Belecke

Die Kombination von Gesenkschmieden und Schweißen bietet sich in den Einsatzfällen an, in denen einerseits die Vorzüge des Gesenkschmiedestückes hinsichtlich dynamischer Beanspruchung, gleichmäßiger Güte und hoher Genauigkeit gefordert werden und andererseits rein schmiedetechnische Lösungen von der Gestalt her ausscheiden.

Gesenkschmieden und Schweißen in der Kombination führt zu einer Erweiterung der Formenwelt des Gesenkschmiedestückes. Diese Kombination kann weiterhin wirtschaftlich bei einer Aufteilung komplizierter Schmiedestücke in einfache Bauteile eingesetzt werden. Von besonderer Bedeutung ist das Gesenkschmieden und Schweißen in Baukastensystemen.

Anwendungsgrundsätze

Erweiterung der Formenwelt

Läßt sich eine konstruktiv geforderte Werkstückform nicht durch die bekannten Schmiedeverfahren und deren Kombination herstellen, so führt oftmals die Verbindung von Gesenkschmieden und Schweißen zu technisch ausgereiften Lösungen, durch die sich die Formenwelt des Gesenkschmiedestückes erheblich erweitern läßt. Schmiedestückgestalt, Werkstoff, Schweißverfahren und Wärmebehandlung sind dabei auf den jeweiligen Anwendungsfall abzustimmen, um die Vorzüge des Gesenkschmiedestückes voll nutzen zu können.

Aufteilung schwierig gestalteter Schmiedestücke

Werkstückformen, die sich nur mit erheblichem Werkzeugaufwand durch ein oder sogar mehrere Umformverfahren in einem Stück schmieden lassen, werden oftmals wirtschaftlicher durch Gesenkschmieden und Schweißen gefertigt. Die kleineren Einzelstücke lassen

sich dann auf leichteren Schmiedeaugregaten in einfachen Werkzeugen wirtschaftlich schmieden, so daß trotz der Schweißarbeitsgänge insgesamt Kosteneinsparungen zu erzielen sind. Die wirtschaftlichen Grenzen für diese Kombination werden allerdings erreicht, wenn bei hoher spezifischer Belastung der Schweißverbindung besonders hohe Anforderungen an die Schweißnahtgüteprüfung und deren Dokumentation gestellt werden müssen.

Gesenkschmieden und Schweißen in Baukastensystemen

Können Baureihen eines Produktes konstruktiv in Baukastensysteme aufgeteilt werden, so ist die Kombination von Gesenkschmieden und Schweißen oftmals wirtschaftlich. Dabei wird man möglichst das Kernstück des Systems als Gesenkschmiedestück — oft in komplizierter Gestalt — in möglichst großen Losen herstellen. Die verschiedenen Anbauteile werden einfach ausgebildet, um Werkzeug-, Material- und Verfahrenskosten auch bei kleinen Stückzahlen niedrig zu halten.

Abbrennstumpfschweißen

Dieses Verfahren wird durch die drei Phasen Vorwärmen, Abbrennen und Stauchen charakterisiert. Die in Kupferelektroden fest eingespannten Werkstücke werden im Takt durch eine hin- und hergehende Maschinenbewegung zeitweise aufeinander gepreßt, so daß der während der Berührung fließende Vorwärmstrom die Werkstückenden erhitzt. Nach Erreichen der Vorwärmtemperatur wird mit einem langsamen Maschinenvorschub und niedrigerem Strom der Abbrennvorgang eingeleitet. Hierbei brennt der vorgesehene Werkstoffüberschuß an beiden Werkstückenden teilweise unter starkem Funkenregen so weit ab, bis der Stauchschlag wegabhängig ausgelöst

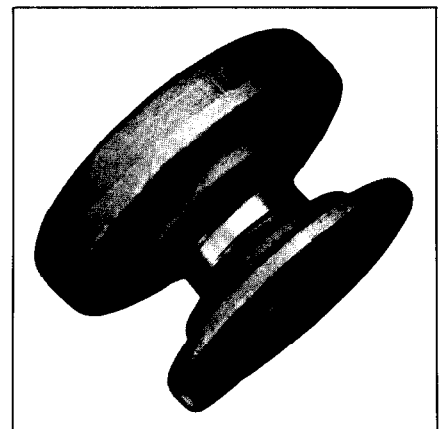


Bild 1: Abbrennstumpfschweißen: Kuppelungsstück für Baugeräte-Schwingantrieb (Stückmasse 15,4 kg, größter Durchmesser 217 mm) aus C 45 N, Schweißquerschnitt 3570 mm²

wird. Durch den eingestellten Stauchdruck wird der schmelzflüssige Werkstoff nach außen in den Stauchgrat gedrückt, so daß im Schweißquerschnitt eine metallisch einwandfreie Verbindung entsteht.

Der Schweißgrat an Außenkonturen wird bei unregelmäßigen Schweißquerschnitten in Schnittwerkzeugen abgegratet. An Innenkonturen muß der Grat mit dem Fugenhobel ausgebrannt oder mit dem Meißel abgestemmt werden. An Werkstücken mit rundem Schweißquerschnitt wird der Grat meistens außen und innen abgedreht. Das Abbrennstumpfschweißen wird heute vorwiegend bei unregelmäßigen, vielgestaltigen Schweißquerschnitten eingesetzt; bei rotationsförmigen Querschnitten vor allem dann, wenn die Werkstücke in genauer Winkelposition miteinander verschweißt werden müssen.

Als Anwendungsbeispiel sei das Kuppelungsstück für den Vibrationsantrieb eines Baugerätes (Bild 1) gezeigt. Es be-

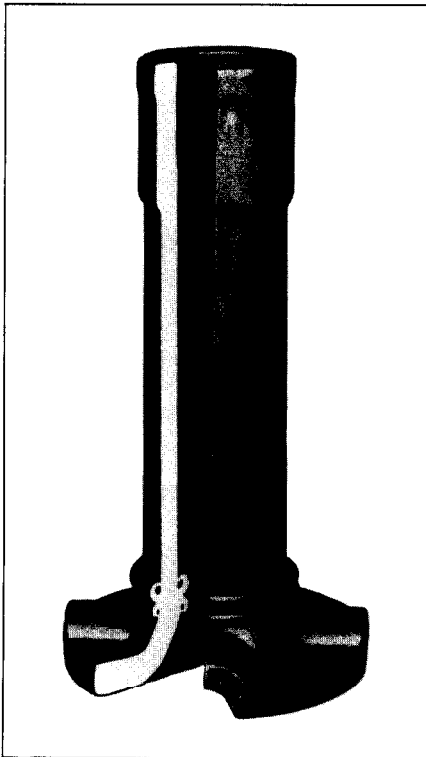


Bild 2: Reibschweißen: Spindel für Bodenabstützung (Stückmasse 11,8 kg, Rohraußendurchmesser 85 mm, Höhe 368 mm) aus C 35 N, Schweißquerschnitt 2840 mm²

steht aus zwei Flanschteilen mit angeschmiedeten Nocken, die eine genaue Winkelposition zueinander einhalten müssen. Der äußere Schweißgrat wird nach dem Normalisieren abgedreht.

Reibschweißen

Bei diesem Schweißverfahren wird eines der beiden fest eingespannten Werkstücke in Drehung versetzt. Beide Werkstücke werden dann durch eine axiale Kraft gegeneinander gepreßt, so daß die Reibungswärme an der Stoßstelle die erforderliche Schweißtemperatur erzeugt. Ist der zum Schweißen er-

forderliche plastische Zustand des Werkstoffes erreicht, bewirkt das Abbremsen des Werkstückes und ein zusätzliches Stauchen danach das eigentliche Schweißen. In der Endphase des Reibens und beim Stauchen wird der plastische Werkstoff in den Schweißwulst verdrängt, so daß in der Schweißnaht eine einwandfreie Verbindung ohne Oxideinschlüsse entsteht. Der gewölbte, gegenüber dem Abbrennstumpfschweißen relativ glatte Schweißwulst muß nur in bestimmten Anwendungsfällen abgedreht werden, sofern er nicht schon bei der mechanischen Fertigbearbeitung entfällt. Beim Reibschweißen muß zumindest ein Werkstück im Schweißbereich rotationssymmetrischen Querschnitt haben. Müssen die zu verbindenden Werkstücke winkeltreu fluchten, so sind spezielle Maschinen erforderlich.

Das Reibschweißen wird heute in großem Umfang als wirtschaftliches Fügeverfahren für Gesenkschmiedestücke eingesetzt, da der Schweißvorgang nach dem Einspannen der Werkstücke automatisch in relativ kleinen Taktzeiten abläuft. Die vorgegebenen Schweißparameter: Drehzahl, Anpreßdruck, Stauchdruck und Stauchweg können mit entsprechenden Einrichtungen eingehalten und überwacht werden. Das Umrüsten auf andere Werkstücke läßt sich einfach und schnell durchführen.

Auch rohrartige Profile können reibgeschweißt werden. Die Spindel für eine Bodenabstützung (Bild 2) aus C 35 setzt sich aus einem rohrförmig abgesetzten Warmfließpreßteil und einem Anschlußflansch zusammen. Der Schweißwulst bildet sich nach außen und nach innen aus, wo er bei der Fertigbearbeitung entfernt wird.

Lichtbogenschweißen mit Elektroden

Die Abschmelzleistung dieses Verfah-

rens ist begrenzt, da nur von Hand geschweißt wird. Dabei kann der Lichtbogen laufend beobachtet und geführt werden, so daß sich in zulässigen Toleranzen auftretende Unregelmäßigkeiten der Spaltbreite und Steghöhe zwischen den Werkstücken einwandfrei überbrücken lassen. Der Aufwand für die Schweißnahtvorbereitung kann daher im allgemeinen geringer gehalten werden. Oft reicht es aus, die Schweißnahtfläche im Gesenk anzuschmieden, zu entzundern und grob nachzuschleifen. Das Elektroden-Lichtbogenschweißen wird vorwiegend für kleinere Schweißquerschnitte und schwer zugängliche Schweißnähte eingesetzt. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist das Schweißen legierter Werkstoffe mit Spezialelektroden; hier sind vor allem die nichtrostenden und hochwarmfesten austenitischen und ferritischen Stähle zu nennen.

Der Spurlenkhebel für eine Baumaschine (Bild 3) besteht aus dem geschmiedeten Hebel (Werkstoff 30 Mn 5), an den je ein Schmiedestück auf der einen Seite für die offene Gabel, an der anderen Seite für das geschlossene Auge angeschweißt werden. Nach dem Schweißen der drei äußeren Verbindungsnahte wird von innen an der Wurzel eine kleinere Decklage gelegt und der Spurlenkhebel anschließend vergütet.

MIG/MAG-Schutzgas-Lichtbogenschweißen

Die Entwicklung dieses Verfahrens ist auch für das Schweißen von Gesenkschmiedestücken ein bedeutender Fortschritt. Bei relativ geringen Investitionskosten läßt sich mit den gleichen Schweißgeräten durch schnelles Umrüsten entweder von Hand oder automatisch schweißen. Die Abschmelzleistung liegt gegenüber dem Elektroden-Lichtbogenschweißen erheblich höher.

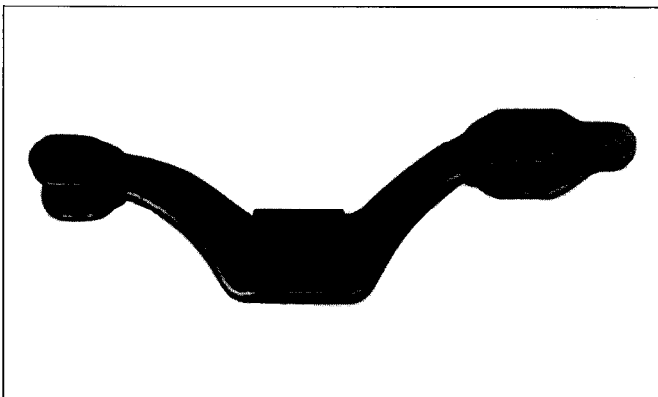


Bild 3: Lichtbogenschweißen mit Elektroden: Spurlenkhebel für Baumaschinen (Stückmasse 17,5 kg, Länge 711 mm) aus 30 Mn 5 V, Schweißquerschnitt: Auge 2 x 700 mm², Gabel 1050 mm²

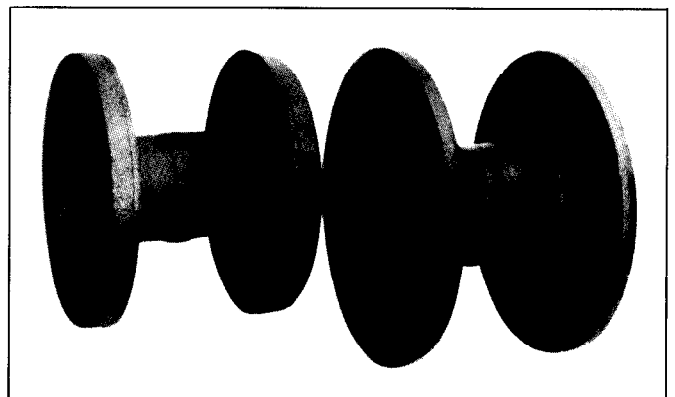


Bild 4: Schutzgasschweißen: Spulenkörper für Drahtcord (Baureihe mit Flanschdurchmesser von 100 bis 200 mm) aus C 35 V, Schweißquerschnitt von 750 bis 3500 mm²

Da auch beim Schutzgasschweißen der Lichtbogen beobachtet und ggf. geführt werden kann, gelten für die Überbrückbarkeit des Schweißspaltes und die Schweißnahtvorbereitung die gleichen Vorteile wie beim Elektroden-Lichtbogenschweißen. Sollen hochbeanspruchte Schweißnähte automatisch durch das MIG/MAG-Verfahren geschweißt werden, so empfiehlt sich jedoch eine mechanische Vorbearbeitung der Schweißnahtflanken.

Bild 4 zeigt zwei Teile einer Baureihe von Spulenkörpern für Drahtcord. Die identisch gleichen Spulenhälften aus C 35 können im gleichen Gesenk in doppelter Stückzahl kostengünstig geschmiedet werden. Die Schweißnahtflanken der Spulenhälften werden vor der halbautomatischen MAG-Schweißung angedreht, um bei einem exakt eingehaltenen Schweißspalt und vorgegebener Steghöhe eine einwandfreie Durchschweißung der Nahtwurzel zu erreichen. Die Spulenkörper werden nach dem Schweißen vergütet.

Unterpulver(UP)-Lichtbogenschweißen

Bei diesem halbautomatischen Verfahren wird die Schweißstelle durch Zugabe eines Schlackenpulvers abgedeckt, das im Lichtbogen aufschmilzt. Die Zusammensetzung des Pulvers ermöglicht eine Zulegierung von Elementen in das Schweißgut. Die Pulver- bzw. Schlackenabdeckung schirmt das flüssige Schweißgut gegen den Luftsauerstoff ab und bewirkt eine langsamere Abkühlung, die ungünstige Härtespitzen vermeidet. Bei hoher Abschmelzleistung sind mit dem UP-Schweißen höchste Ansprüche an Porenfreiheit in der Schweißnaht erfüllbar. Die Schweißnahtvorbereitung bei diesem halbautomatischen Verfahren ohne direkte Sichtkontrolle des Lichtbogens muß jedoch in den meisten Fällen durch mechanische Bearbeitung erfolgen.

Das UP-Verfahren wird bei dynamisch hochbeanspruchten Schweißverbindungen eingesetzt. Eine weitere Verwendung bei bestimmten Stählen ergibt sich aus der günstigen Wärmeleitung in der Schweißnaht; hier ist von den warmfesten Stählen z. B. 13 CrMo 4.4 zu nennen.

Der Getriebeaufnahmekörper für einen E-Lok-Antrieb (Bild 5) besteht aus einem nahtlos gewalzten Rohr, zwei geschmiedeten Flanschteilen, vier geschmiedeten Auflagen und vier geschmiedeten Anschlägen. Das Rohr besteht aus dem Werkstoff St 45-3, die Schmiedestücke aus dem Werkstoff RP St 42-2. Beide Flanschteile erhalten eine Zentrierung mit starkem inneren Vorsprung zur Unterstützung der Wurzella-

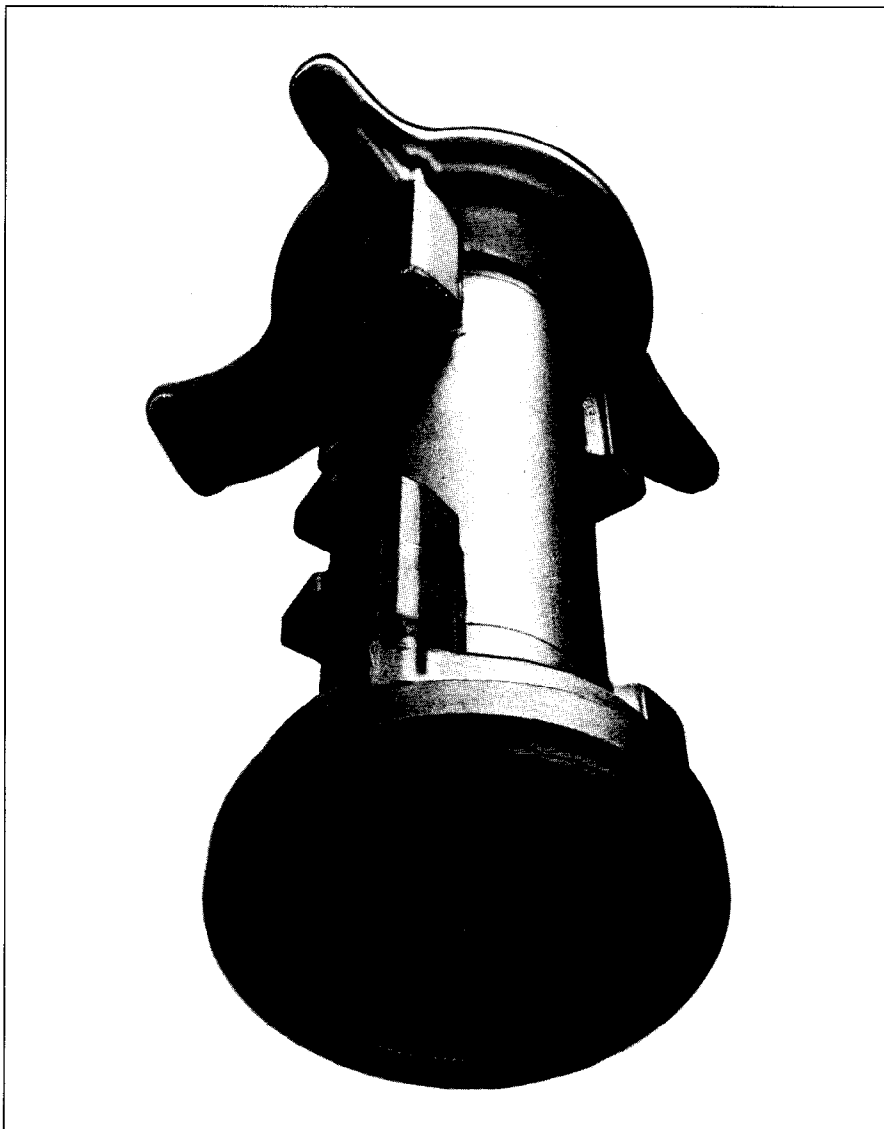


Bild 5: UP-Schweißen und Schutzgasschweißen: Getriebeaufnahmekörper für E-Lok-Antrieb (Stückmasse 211 kg, Länge 970 mm), Rohr aus St 45-3 N, Flansche und Anschläge aus RPSt 42-2 N, Schweißquerschnitt Rohrnahte $2 \times 14\,400 \text{ mm}^2$

ge. Vorsprung und Wurzelgrund werden bei der mechanischen Bearbeitung entfernt. Nach dem halbautomatischen UP-Schweißen der beiden Nähte am Rohr werden die vier Auflagen und die vier Anschläge mit Kehlnähten durch MAG-Schweißen von Hand angebracht. Der Getriebeaufnahmekörper wird anschließend normalisiert.

Elektronenstrahl-Schweißen

Das Schweißen mit einem scharf gebündelten Elektronenstrahl (EBW = electron beam welding) von einigen Zehntel Millimeter Durchmesser ist das jüngste Fügeverfahren für Gesenkschmiedestücke. Die örtlich entstehende Wärmequelle ist etwa tausendmal intensiver als bei einem Lichtbogen, so daß die aufgeschmolzenen Werkstoffquerschnitte beim EBW-Schweißen etwa

zwanzigmal kleiner sind als beim Lichtbogenschweißen. Verzug und Winkelschrumpfung bleiben daher beim EBW-Schweißen auch bei großen Schweißquerschnitten gering, so daß vor- und fertigt bearbeitete Teile paßgenau miteinander verbunden werden können. Da das EBW-Schweißen nur in einem Vakuum von 10^{-2} bis 10^{-4} mbar möglich ist, ist die Reinheit des Schweißgutes größer als beim Schutzgasschweißen. Die Schweißleistung ist sehr hoch: Baustahl von 50 mm Dicke kann z. B. mit einer Geschwindigkeit von 5 mm/s verschweißt werden. Die kleine Abmessung und die genaue Führung des Elektronenstrahles gestattet Schweißungen an sonst unzugänglichen Stellen. Die Schweißnahtflanken müssen allerdings mit Oberflächen in Schlichtqualität gefertigt werden; der Schweißspalt darf nur wenige 1/10 mm betra-

gen. Nach dem heutigen Stand lassen sich Baustähle, wie z. B. C 22.8, warmfester Stahl wie beispielsweise 13 CrMo 4.4 und austenitische Stähle, z. B. X 10 CrNiNb 18.9 (Werkstoff-Nr. 1.4550) elektronenstrahlschweißen.

Bild 6 zeigt einen fertigen Hochdruck-Ventilkörper aus 13 CrMo 4.4, die Nähte der EBW-Schweißung sind deutlich zu erkennen. Die geschmiedeten Ober- und Unterschalen werden an den Schweißnahtflächen plangeschliffen und in der ersten Schweißung zu einem Gehäusemittelstück verbunden. Der Schweißnahtdurchmesser für den Sitzring wird dann in das Mittelstück eingedreht und in einer zweiten Operation der ebenfalls mechanisch vorbereitete Sitzring eingeschweißt. Nach entsprechender Schweißnahtbearbeitung werden dann in einer dritten Operation nacheinander die beiden fertigbearbeiteten Rohrstützen und in einer vierten Schweißung der fertigbearbeitete Deckelflansch angeschweißt.

Bildnachweis:

Bilder 1 und 5: Siepmann-Werke, Warstein-Belecke;
Bild 2: Gesenkschmiede Schneider, Aalen;
Bild 3: Berchem & Schaberg, Gelsenkirchen;
Bild 4: Jellinghaus, Gevelsberg;
Bild 6: Stahl-Armaturen Persta, Warstein-Belecke.

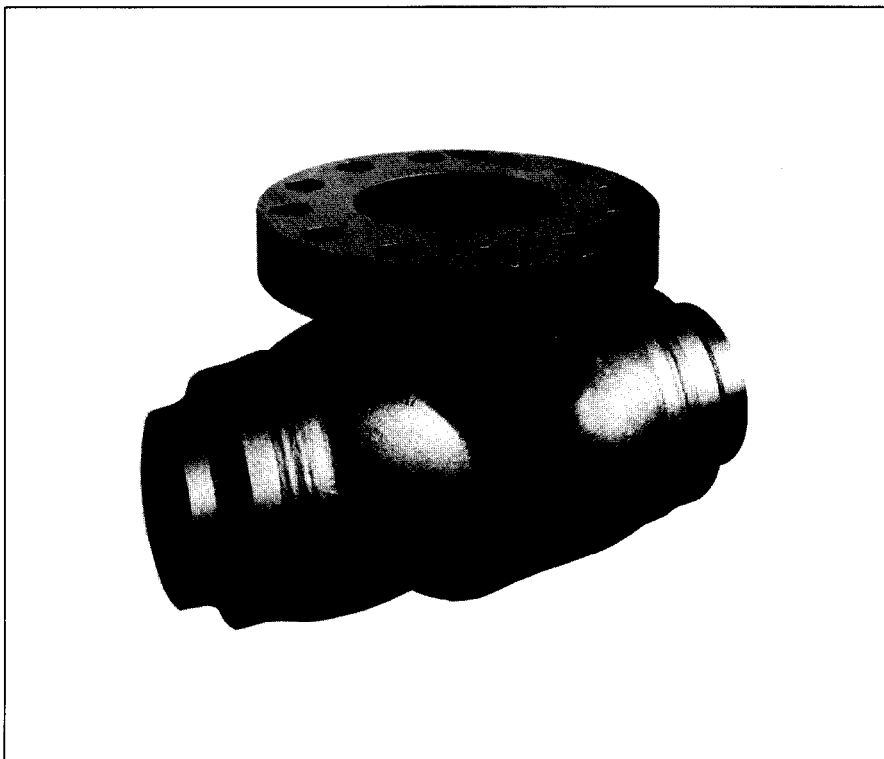


Bild 6: Elektronenstrahlschweißen: Gehäusekörper für Hochdruck-Ventil DN 200, PN 100 (Stückmasse 225 kg, Länge 650 mm) aus 13 CrMo 4.4 V. Schweißquerschnitte: Längsnähte $2 \times 24\,100 \text{ mm}^2$, Sitzringnaht $13\,200 \text{ mm}^2$, Rohrstücknähte $2 \times 20\,100 \text{ mm}^2$, Deckelflanschnaht $31\,400 \text{ mm}^2$