SAMMLUNG GÖSCHEN BAND 499

Autogenes Schweißen und Schneiden

Von
Berat. Ing. Hans Niese, VBI, Kiel

Fünfte Auflage
neu bearbeitet von

Ing. Alex Küchler, DVS, Flensburg
Berufsschuldirektor a. D.

Mit 71 Abbildungen

Walter de Gruyter & Co.
vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.

Berlin 1953

Alle Rechte, einschl. der Rechte der Herstellung von Photokopien
und Mikrofilmen, von der Verlagshandlung vorbehalten

Archiv-Nr. 11 04 99
Satz: Walter de Gruyter & Co., Berlin W 35
Druck: Oswald Schmidt G. m. b. H., Leipzig III/18/65
Printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

Seite

I. Allgemeines 6
1. Was ist Schweißen? 6
2. Von der Wärme und ihren Wirkungen . . . 7
3. Von der Verbrennung 9
4. Unsere Wärmequellen 10

II. Überblick über die Schweißverfahren 10
1. Die Preßschweißungen 10
Feuerschweißung, Wassergasschweißung 10
Elektrische Widerstandsschweißung 11
Thermitschweißung (kombiniertes Verfahren) 12
2. Die Schmelzschweißungen 14
Elektrische Lichtbogenschweißung 14
Thermitschweißung (Umgieß- und Zwischengußverfahren) 15
Gasschmelzschweißung 16

III. Die Betriebsgase der Gasschmelzschweißung 17
1. Sauerstoff 17
2. Brenngase 19
Allgemeines 19
Wasserstoff 19
Azetylen 20
Kalziumkarbid, Karbidvergasung 21
Leuchtgas — Steinkohlengas 24
Wassergas, Propan 24
Benzin- und Benzoldämpfe 25

IV. Die Gasflaschen 26
1. Für verdichtete Gase 26
2. Für gelöstes Azetylen 28
Dissousgas, poröse Masse 28
Rückzündungen, Unfallverhütung 30

V. Druckminderer 33

VI. Azetylen-Entwicklungsanlagen 39
Entwickler 39
Sicherheitsvorlagen 59
Reiniger — Wäscher — Trockner 61
Druckmesser 63
Sicherheitsventile 63
Unfallverhütung beim Betriebe der Azetylen-Erzeugungsanlagen 64

Seite

VII. Schweißbrenner und Schweißmaschinen 65
1. Die Schweißflamme 65
Sauerstoff — Azetylen 66
Sauerstoff — Wasserstoff 68
Sauerstoff — Leuchtgas, -Propan 68
2. Schweißbrenner 68
Gleichdruck- und Injektorbrenner 69
Mehrflammenbrenner 75
Anwärmeinsätze 75
Rohrschweißeinsätze. Kunststoff-Schweißbrenner . . . 77
3. Schweißmaschinen 77

VIII. Schläuche und Rohrleitungen 78
1. Schläuche 78
2. Rohrleitungen 79
Allgemeines und Sicherheitsvorschriften 79
Sauerstoffleitungen 80
Azetylenleitungen 80

IX. Die zentrale Sauerstoff- und Azetylen-versorgung 81
1. Die Konstantdruckanlage 81
2. Die Gleichdruckanlage 85

X. Schneidbrenner und Schneidmaschinen 87
1. Die Schneidflamme 87
2. Die Schneidbrenner 88
3. Die Schneidmaschinen 93

XI. Die autogene Metallbearbeitung 97
1. Schweißen 97
Stahl: Nahtvorbereitung 97
Schweißdrähte 99
Flußmittel, Nachlinks- und Nachrechtsschweißung 100
Auftragsschweißung 102
Stahlguß, Gußeisen 102
Temperguß 103
Legierte Stähle, plattierte Werkstoffe 104
Nichteisenmetalle, Kupfer, Zink 105
Blei, Aluminium 107
Kunststoffe 109
Autogenes Härten 109
Autogenes Löten 111
2. Brennschneiden 112
Stahl, Gußeisen 112
Unterwasserschneiden 112
Sauerstoffhobeln 114
Fugenhobeln 114
Pulverschneidverfahren 115
Sauerstofflanzen 116

Seite
XII. Arbeitsschutzgeräte 117
Schutzkleidung 117
Schutzbrillen, Atemschutzgeräte 117
XIII. Güteprüfung der Nähte 118
XIV. Ausbildung und Prüfung von Schweißern 120
XV. Schweißwerkstoffverbrauch 121
Brennschneiden 123
XVI. Unfallverhütungsvorschriften 124
Stichwortverzeichnis 135

Literaturquellen

Schimpke und Horn, Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik Teil 1, Springer-Verlag, 1948

Günter Engel, Ratgeber für Autogen-Facharbeiter, herausgegeben von der Literarischen Abteilung des Drägerwerks, Lübeck, Antäus-Verlag, Lübeck, 1948

H. Holler, Leitfaden für Autogenschweißer, Carl Marhold Verlagsbuchhandlung, Halle (Saale), 1949

Erich Sudasch, Schweißtechnik, Carl Hanser-Verlag, München, 1950

Boeckhaus, Betriebsanleitung für das autogene Oberflächenhärten, „Schweißen und Schneiden", Heft 4/1950, Verlag Friedrich Vieweg & Sohn G.m.b.H., Braunschweig, Burgplatz 1

Uhrmann-Schuth, Fachkunde für Maschinenbauer, Verlag von B. G. Teubner, Leipzig-Berlin 1937, Bild 24, 25, 34 und 35

Bonnemann, Fachkunde für Bauschlosser, Verlag von B. G. Teubner, Leipzig-Berlin 1938, Bild 104

„Schweißen und Schneiden", Jahrgang 1949 und 1950, Organ des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik, Verlag Friedrich Vieweg & Sohn G.m.b.H., Braunschweig, Burgplatz 1

Azetylen-Verordnung vom 17. 11. 1923

Druckgas-Verordnung vom 2. 12. 1935

Unfallverhütungsvorschriften der Nordwestlichen Eisen- und Stahlberufsgenossenschaft vom 1. 4. 1934

I. Allgemeines

1. Was ist Schweißen?

Unter Schweißen versteht man die nicht lösbare Verbindung von meist gleichartigen Metallteilen unter Einwirkung von Wärme und Druck oder von Wärme allein mit oder ohne Zuführung von gleichartigem Metall (Zusatzwerkstoff).

Daraus ergeben sich die beiden Hauptarten der Schweißung, die in der Praxis in verschiedenen Verfahren angewendet werden:

a) die Preßschweißung, bei der die erwärmten Schweißstellen in teigigem Zustand ohne Zusatzwerkstoff durch Druck (Pressen) oder Schlag (Hammer) verbunden werden.

Anwendung:

1. Hammerschweißung und Wassergasschweißung,
2. elektrische Widerstandsschweißung (Stumpf-, Punktschweißung),
3. Thermitschweißung (kombiniertes Verfahren),

b) die Schmelzschweißung, bei der die Schweißstellen im Schmelzfluß ohne Druck oder Schlag mit oder ohne Zusatzwerkstoff verbunden werden.

Anwendung:

1. elektrische Lichtbogenschweißung,
2. Thermitschweißung (Umgieß- und Zwischengußverfahren),
3. Gasschmelzschweißung (autogene, d. h. selbsttätige Schweißung, von der hier hauptsächlich die Rede sein soll).

Eine gute Schweißung zeigt in Festigkeit, Warm- und Kaltverformungsfähigkeit, Korrosionswiderstand, Gefüge usw. fast das gleiche Bild wie der Grundwerkstoff und vermeidet alle sonst üblichen Verbindungs-

elemente; sie ist somit die vollkommenste Verbindung zweier Metallteile und erspart Werkstoff- und Arbeitslohnkosten.

2. Von der Wärme und ihren Wirkungen

Die Wärme ist eine Energieform, und zwar die Bewegungsenergie der kleinsten Teile (Moleküle) der Körper. Die Vergrößerung dieser Molekularschwingungen erhöht die Temperatur eines Körpers, ihre Verkleinerung ermäßigt sie. Temperaturerhöhung führt im Regelfall zur Ausdehnung, Temperaturabnahme zur Zusammenziehung (Schrumpfung) der Körper. Die Bewegungsenergie (Wärme) kann sich durch Wärmeleitung, durch Wärmeströmung und durch Wärmestrahlung fortpflanzen. Die stärkste Wärmequelle ist die Sonne, auf die letztlich alle anderen zurückgehen.

Die Ausdehnung durch Temperaturerhöhung führt zur Lockerung des Molekulargefüges eines Körpers und nach Erreichung des Schmelzpunktes zum Übergang vom festen in den flüssigen Zustand, der Körper schmilzt. Bei weiterer Temperaturerhöhung wird bei bestimmtem Druck der Siedepunkt erreicht und damit der Übergang vom flüssigen in den dampfförmigen Zustand, der Körper verdampft. Beim umgekehrten Vorgang, der Temperaturabnahme, verwandelt sich der Dampf in Flüssigkeit, die Flüssigkeit in den festen Körper zurück; der Kondensationspunkt fällt mit dem Siedepunkt, der Erstarrungspunkt mit dem Schmelzpunkt zusammen. Die zur Erreichung der Schmelztemperatur eines Körpers aufgewendete Wärmeenergie (Energie) wird gemessen in Kilogramm-Kalorien. Die Kilogramm-Kalorie (kcal) gilt als Wärmeeinheit, d. i. diejenige Wärmemenge, die 1 kg Wasser um 1° Celsius (z. B. von 14,5 auf 15,5°) erwärmt.

Die Schmelztemperaturen für unsere hauptsächlichsten Werkstoffe zeigt folgende Tabelle:

Maschinenbaustahl	rd. 1500° C	Zink	419° C
Maschinenguß	rd. 1200° C	Blei	327° C
Kupfer	rd. 1080° C	Nickel	1450° C
Messing	800/900° C	Aluminiumlegierungen	530/660° C

Diese physikalischen Gesetze haben ihre praktische Bedeutung bei der Erwärmung des Werkstoffes durch die Schweißflamme, bei seiner Abkühlung und bei der Schrumpfung des Schmelzgutes in der Schweißnaht beim Erkalten. Von diesen Wirkungen geben die Längenausdehnungszahlen (Koeffizienten) ein Bild. Sie sind u. a. für

Maschinenbaustahl	0, 000 012	bei Temperaturzunahme um je 1° C
Maschinenguß	0, 000 032	
Kupfer	0, 000 051	

und besagen, daß z. B. ein Stab normalen Maschinenbaustahls von 1000 mm Länge bei Schweißtemperatur (etwa 1500° C) sich um 12 Millionstel seiner ursprünglichen Länge ausdehnen würde, also um etwa 18 mm = 1,8%, wenn er sich frei bewegen könnte. Da diese Zahlen nur für die regelmäßige Ausdehnung im Erwärmungsbereich von 0 bis 100° C feststehen, bei höheren Temperaturen aber eine unregelmäßige und stärkere Ausdehnung eintritt, läßt sich die Wichtigkeit dieser Wärmewirkungen in der Praxis leicht ermessen.

Beim Erkalten würde der Körper bei freier Bewegungsmöglichkeit um dasselbe Maß schrumpfen. Im Regelfall wird aber die Schweißstelle von nicht erwärmtem, kaltem Werkstoffumgeben sein, der sowohl die Ausdehnung als auch die Schrumpfung der Naht behindert. Dadurch entstehen innere Druck- bzw. Zugkräfte, die gefürchteten Wärmespannungen, die zu Formveränderungen in der Schweißzone oder zu Rissen im Werkstoff führen können.

Die Raumausdehnungszahlen betragen etwa das dreifache der vorstehend genannten.

3. Von der Verbrennung

Zu einer Verbrennung sind erforderlich: der Brennstoff als Wärmeträger, der Sauerstoff als Förderer der Verbrennung, die Entzündungstemperatur zur Einleitung des Vorgangs.

Eine Verbrennung ist die rasche Verbindung des Sauerstoffs mit einem brennbaren Stoff, die bei vorhandener Entzündungstemperatur unter Flammenbildung und starker Licht- und Wärmeentwicklung verläuft. Eine Oxydation ist die langsame Verbindung des Sauerstoffs mit einem Körper unter kaum merklicher Wärmeentwicklung und ohne Flammenbildung, z. B. die Oxydbildungen der Metalle.

Eine Verbrennung kann sein

a) vollständig, wenn dem Brennstoff die erforderliche Menge Sauerstoff zur Verfügung steht,

b) unvollständig, wenn sich infolge Sauerstoffmangels in der Flamme noch unverbrannte, brennbare Gase befinden, die bestrebt sind, sich mit dem Sauerstoff der die Flamme umgebenden Luft oder mit Sauerstoffverbindungen zu vereinigen: reduzierend wirkende Flamme.

Wird ihr mehr Sauerstoff zugeführt als zur vollständigen Verbrennung erforderlich ist, so nimmt das gelockerte Gefüge des erhitzten Werkstoffs Sauerstoff auf: oxydierend wirkende Flamme.

Die Entzündungstemperatur ist die geringste Temperatur, bei der sich ein Stoff mit dem Sauerstoff der Luft verbindet.

Die Verbrennungstemperatur ist viel höher und hängt vom Heizwert und den Verbrennungsrückständen ab.

Die bei vollständiger Verbrennung von 1 kg festen oder flüssigen bzw. 1 m^3 gasförmigen Brennstoffes gelieferte Wärmemenge heißt Heizwert, gemessen in kcal je kg Brennstoff.

4. Unsere Wärmequellen

Gute Wärmequellen müssen ausreichend große Wärmemengen abgeben, um die technisch wichtigen Metalle schnell auf Schweißtemperatur erhitzen zu können.

Mangelhafte Wärmequellen, bei denen die Wärmeabgabe zu gering ist, bringen die Schweißkanten nicht zum gleichmäßigen Schmelzen und Verschweißen und verursachen Kaltstellen.

Als geeignete Wärmequellen finden in der Schweißtechnik heute Verwendung: das Schmiedefeuer, die Gebläseflamme, die Elektrowärme, der elektrische Lichtbogen, die Wärme chemischer Reaktionen.

II. Überblick über die Schweißverfahren

1. Die Preßschweißungen

Die Arbeitstemperatur ist bei ihnen niedriger als die Schmelztemperatur des Werkstückes, die Schweißkanten werden auf Weißglut bis zum teigigen Zustand auf 1300 bis 1400° C erhitzt und in diesem durch Druck (Presse) oder Schlag (Hammer) ineinandergepreßt.

a) Die Feuerschweißung

Im offenen Schmiede- oder Koksfeuer auf Schweißtemperatur gebracht, werden die Schweißenden durch Hämmern von Hand oder maschinell (Hämmer oder Pressen) zusammengefügt. Um den Luftzutritt zum Schweißgut und die Bildung einer Oxydhaut (Hammerschlag) zu verhindern, bewirft man die Schweißenden mit Schweiß- (Quarz-) Sand, der bei der hohen Temperatur schmilzt und eine luftabschließende Hülle um das Metall bildet.

b) Die Wassergasschweißung

Das Verfahren findet Anwendung in der Großrohrschweißung. Bild 1 zeigt eine Wassergas-Schweißstraße. Die Überlappung der vorgebogenen Bleche wird innen und außen von zwei zangenartig angeordneten Wassergasbrennern in 100—300 mm Länge auf

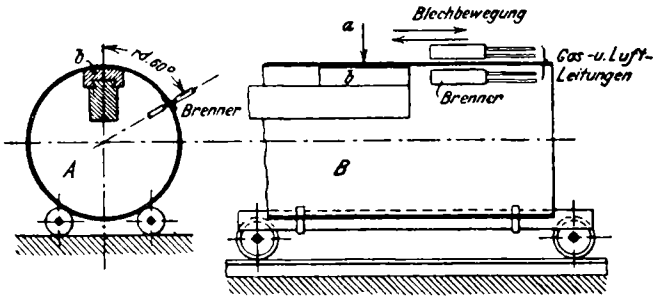

Bild 1. Schema einer Wassergas-Schweißstraße

Schweißtemperatur vorgewärmt. Bei a erfolgt durch maschinelles Hämmern auf den Amboß b oder durch eine Walzeneinrichtung das Verschweißen. Das Rohr wird auf Rollen um 60° jedesmal gedreht, wenn die Brenner in Höhe der Schweißstellen seitlich sitzen (Bild 1 A) oder auf einem Wagen verschoben, wenn die Brenner rechts vom Amboß angebracht sind (Bild 1 B). Die Schweißnaht hat sehr gute Eigenschaften.

Die Wassergas-Schweißanlage ist umfangreich und teuer und kann nur in großen Werken wirtschaftlich verwendet werden. Eine Neuerstellung von Anlagen auf Wassergasbasis kommt kaum mehr in Frage, wohl aber dürfte das Verfahren als Hochofengas-Schweißung auch heute noch Entwicklungsmöglichkeiten haben.

c) Die elektrische Widerstandsschweißung.

Der elektrische Widerstand eines stromdurchflossenen Leiters wird durch große Querschnittsverminderung so stark erhöht, daß die Erwärmung an dieser Stelle das Leitungsmaterial schnell auf Schweißtemperatur bringen kann. Wird den durch bewegliche Kupferbacken gehaltenen, stumpf aneinanderstoßenden Arbeitsstücken (Bild 2) ein durch Transformierung auf niedrige Spannung und hohe Stromstärke umge-

formter Strom zugeführt, so bringt der Übergangswiderstand die Berührungsflächen in kürzester Zeit auf Schweißtemperatur. Durch Zusammenpressen beider Schweißenden nach Ausschaltung des Stromes werden sie unter Wulstbildung an der Verbindungsstelle verschweißt. Das Schaubild der Punktschweißung zeigt Bild 3. Durch Zusammendrücken der Punktelektroden geht der Strom durch die überlappten Bleche und verschweißt sie in einem Punkt.

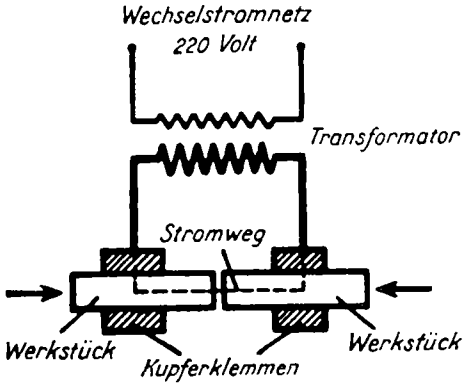

Bild 2. Schema der elektrischen Stumpfschweißung

d) Die Thermitschweißung (kombiniertes Verfahren).

Thermit ist ein Gemisch von Eisenoxyd- und Aluminiumpulver, das mit Hilfe einer Einsatzpatrone (Bariumoxyd) in einem Tiegel zur Entzündung gebracht wird und bei der selbsttätig fortschreitenden Verbrennung Temperaturen bis zu 3000° C erreicht. Sie entstehen durch die sehr lebhaft ablaufende chemische Verbindung des Eisenoxyds mit dem Aluminium, bei der reines Eisen und Aluminiumoxyd entstehen. Das spezifisch schwerere Eisen sammelt sich unten im Tiegel,

das Aluminiumoxyd schwimmt als Schlacke auf dem flüssigen Thermiteisen. Mit der flüssigen Masse werden die zu verbindenden, von einer Form umgebenen Arbeitsstücke auf Schweißhitze gebracht, durch eine Klemmvorrichtung zusammengepreßt und verschweißt.

Bild 4 zeigt die Stumpfschweißung zweier Rohrenden. Die Rohre liegen mit metallisch reinen Stirnflächen dicht aneinander in einer Form. Der geschmolzene Tiegelinhalt wird in die Form gegossen; die zuerst abfließende Schlacke erstarrt und schützt das Werkstück vor Berührung und Verschmelzen

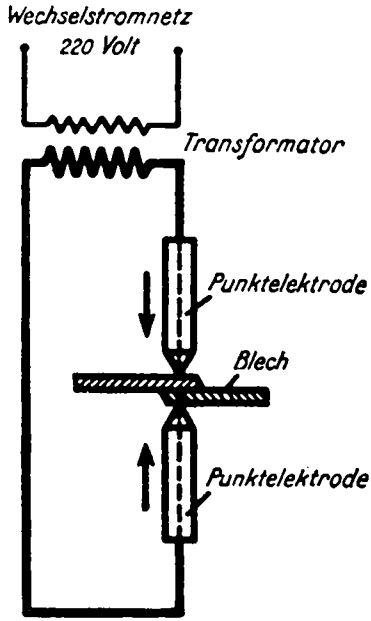

Bild 3. Schema der elektrischen Punktschweißung

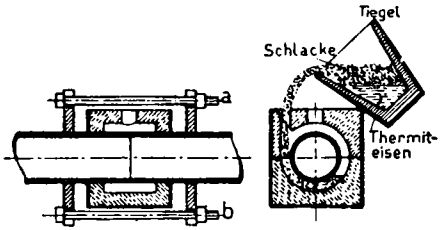

Bild 4. Schema der Rohr-Stumpfschweißung

mit dem nachfließenden Thermiteisen. Der Tiegelinhalt bringt die Rohrenden schnell auf Schweißtemperatur, durch Anziehen der Schrauben a und b der Klemmvorrichtung werden sie zusammengepreßt und verschweißt. Die nur als Wärmequelle dienende Thermitmasse wird nach Erkalten mit der Form entfernt.

Bild 5 zeigt eine Schienenschweißung. Hier fließt zuerst das Thermiteisen aus dem Spitztiegel in die

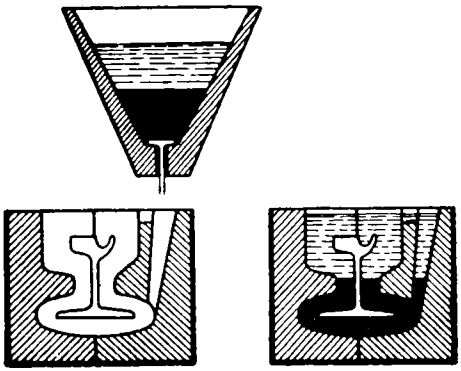

Bild 5. Schema der Schienenschweißung

Form und in die Fuge zwischen Schienenfüßen und unteren Steghälften, umhüllt und verschweißt sie. Die nachfließende Schlacke bringt die Schienenköpfe ebenfalls auf Schweißtemperatur, sie werden dann mit einer Klemmvorrichtung zusammengepreßt und verschweißt.

2. Die Schmelzschweißungen

a) Die elektrische Lichtbogenschweißung.

Die elektrische Energie wird im Lichtbogen in Wärmeenergie umgewandelt. Ein Lichtbogen entsteht, wenn ein Stromkreis durch eine kurze Luftstrecke unterbrochen wird, wie zwischen Elektrode und Werkstück. Die Temperatur des Lichtbogens ist etwa 3500° C.

Die Schweißkanten der Fuge werden durch den Lichtbogen aufgeschmolzen, gleichzeitig tropft der Zusatzwerkstoff der abschmelzenden Elektrode in die Schmelze und füllt die Schweißfuge aus. Bild 6a zeigt die Stromkreisanordnung schematisch. Aus dem Drehstromnetz wird ein Motor gespeist, der mit einer Gleichstrom-Dynamomaschine, die den Schweißstrom liefert, gekuppelt ist (Umformer). Der Pluspol der Stromquelle liegt in der Regel am Werkstück, der Minuspol an der Elektrode. Bild 6b zeigt eine richtig ausgeführte Naht, 6c die Stellung der Elektrode, 6d die Führung der Elektrode. Im übrigen wird auf den Göschen-Band „Das elektrische Schweißverfahren" von Hans Niese, Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin, verwiesen, in dem das Elektroschweißen eingehend behandelt wird.

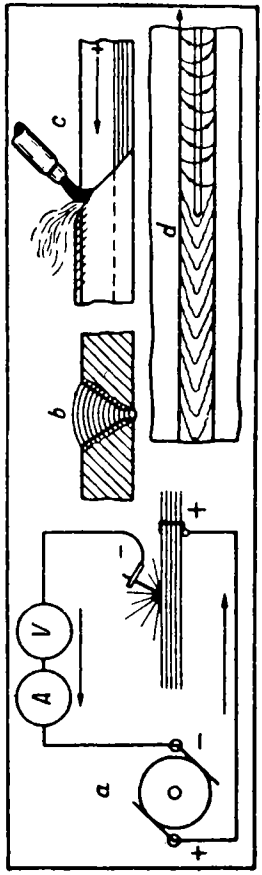

Bild 6. Schema der elektrischen Lichtbogenschweißung

b) Die Thermitschweißung (Umgieß- und Zwischengußverfahren).

Das Gießverfahren wird zu Reparaturzwecken verwandt. Bild 7 zeigt die Beseitigung kleinerer Fehler an Gußstücken. Nach Erwärmung des Gußstückes und

Befestigung einer Aufsatzform über der Schadensstelle wird das reine Thermiteisen, von dem die Schlacke sorgfältig entfernt ist, auf die fehlerhafte Stelle gegossen. Diese wird so weich, daß das Thermiteisen gut anschweißt.

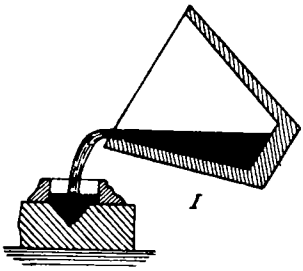

Bild 7. Schema der Gußreparaturschweißung (Thermitverfahren)

Bild 8 zeigt die Reparaturschweißung eines gebrochenen Maschinenteils. Das aus dem Spitztiegel zuerst in die Form fließende heiße Thermiteisen füllt den Raum zwischen den metallisch reinen Schweißflächen und verschmilzt mit ihnen. Nach Erkalten werden die Form und die beim Guß entstandene Wulstbildung entfernt.

c) Die Gasschmelzschweißung (autogene Schweißung).

Mit einer Gebläseflamme werden die Kanten der Schweißfuge und das Zusatzmaterial zusammengeschmolzen und auf volle Stärke des Grundwerkstoffes

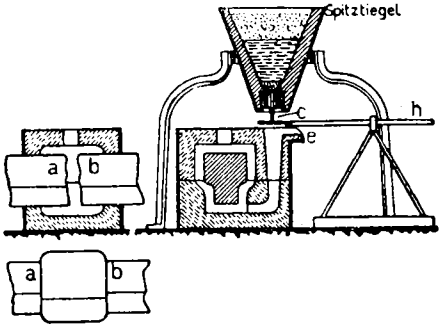

Bild 8. Schema der Maschinen-Reparaturschweißung (Thermitverfahren)