

beiderseits der Mitte versetzten Stößen b und c der Gurtwinkel und mußten deshalb ziemlich lang gehalten werden.

Kraft im Gurtblech; vgl. Abb. 583, $P_1 \approx (b - 2d) \cdot s_1 \cdot \sigma_b = (18 - 2 \cdot 2) \cdot 1 \cdot 833 = 11660$ kg. Anzahl der zur Übertragung nötigen einschnittigen Niete von je

$$N = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot k_n = \frac{\pi}{4} 2^2 \cdot 600 = 1880 \text{ kg Tragfähigkeit:}$$

$$n' = \frac{P_1}{N} = \frac{11660}{1880} = 6,2,$$

beiderseits also je drei Niete.

Kraft in einem der Gurtwinkel $P_2 \approx f \cdot \sigma_b = 15,1 \cdot 833 = 12580$ kg. Nietzahl:

$$n'' = \frac{P_2}{N} = \frac{12580}{1880} = 6,7,$$

rund je vier Niete für jeden Flansch. Aus diesen Zahlen ergibt sich konstruktiv die Länge der Deckstreifen und die Lage der Stöße der einzelnen Teile.

Siebenter Abschnitt.

Verbindungen durch Schweißen und Löten.

I. Schweißen.

Unter Schweißen versteht man die Vereinigung zweier Stücke durch Druck- oder Schlagwirkung im hochehitzen, festen oder teigigen Zustande, faßt darunter aber auch die neueren Verfahren zusammen, die auf dem unmittelbaren Zusammenschmelzen der Teile oder auf dem Einschmelzen von Werkstoff längs der Fuge beruhen (Schmelzschweißung). Die erste Art wird beim Schweißen im Koksfeuer und in der Wassergasflamme vorzugsweise auf weichen Schweiß- und Flußstahl angewendet, wobei die Vereinigung um so leichter und sicherer möglich ist, je ärmer das Eisen an Kohlenstoff ist. Hoher Kohlenstoffgehalt macht das Eisen gegenüber den notwendigen beträchtlichen Hitzegraden empfindlich. Mangan scheint günstig, Silizium in Mengen von mehr als 0,20% ungünstig zu wirken. Als geeignetste Zusammensetzung empfiehlt Diegel [VII, 1]: 0,06 bis 0,12% C, unter 0,01% Si, 0,45 bis 0,8 Mn, unter 0,05% P und unter 0,05% S. Siemens-Martineisen zeigt dabei Festigkeiten von 3400 bis 4000, höchstens 4500 kg/cm². Bei den Schweißtemperaturen wird aber selbst derartiger weicher Flußstahl grobkörnig und verliert an Festigkeit, sowie nament-

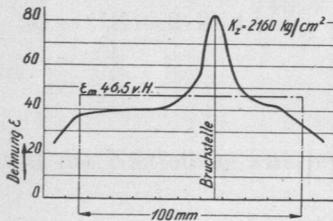


Abb. 587. Dehnungsverteilung an einem ungeschweißten Kupferstabe.

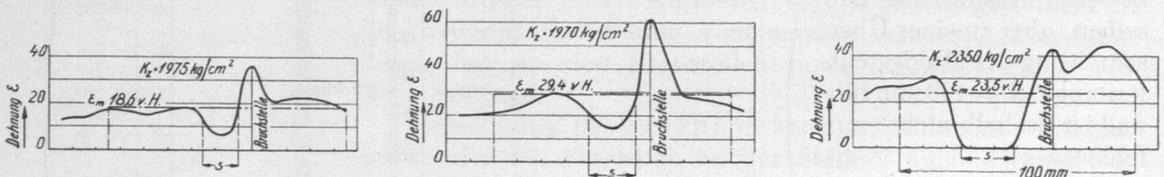


Abb. 588 bis 590. Dehnungsverteilung an geschweißten Kupferstäben.

lich an Zähigkeit, Einwirkungen, die sich nur durch mechanische Bearbeitung der Schweißstelle während der Abkühlung von Weiß- auf Rotglut, durch Walzen oder Hämmern genügend beseitigen lassen.

Den Einfluß dieser nachträglichen Bearbeitung zeigen deutlich die Abb. 587 bis 590, die bei Zugversuchen gewonnen wurden, welche Verfasser Gelegenheit hatte, an Kupferstäben durchzuführen, die nach dem Canzlerschen Verfahren schräg überlappt geschweißt

waren. Die Linien geben die Dehnungsverteilungen längs der Stäbe wieder, dadurch ermittelt, daß die Proben vor dem Versuch mit Teilungen versehen worden waren, an denen sich die Dehnung der einzelnen Stabstrecken verfolgen ließ. Durch Auftragen der Dehnungen senkrecht über den Mitten der Strecken entstanden die Kurven. Für einen ungeschweißten Stab gilt Abb. 587 mit sehr beträchtlichen Werten nahe der Bruchstelle und einer mittleren Dehnung $\varepsilon_m = 46,5\%$ an einer Meßstrecke von 100 mm bei $20,1 \cdot 1,95$ mm Querschnitt. Ein an der etwas verdickten Verbindungsstelle nur befeilter und geschabter Stab ergab die Linie Abb. 588 mit sehr geringen, die Sprödigkeit kennzeichnenden Dehnungswerten an der Schweißstelle s , die aber auch die Ausbildung einer größeren Einschnürung und größerer Dehnungen an der dicht daneben liegenden Bruchstelle verhinderte. Hämmern und Ausglühen der Probe hob die Dehnungswerte nach Abb. 589 wieder beträchtlich. Wenn sie auch unter den Werten der ungeschweißten Probe bleiben, so ist die Schweißstelle doch wesentlich weicher und damit weniger empfindlich geworden. Linie Abb. 590 zeigt schließlich die sehr ungünstige Wirkung kalten Bearbeitens der Schweißstelle durch Hämmern ohne nachheriges Ausglühen, das die Dehnung auf der Strecke s auf Null sinken läßt, also die Sprödigkeit noch mehr steigert. Die Abbildungen weisen deutlich nach, daß die Güte der Schweißung sehr scharf auf Grund der Dehnungsverteilung beurteilt werden kann; diese sollte deshalb an Stelle der meist benutzten mittleren Dehnung ε_m an einer längeren Meßstrecke beiderseits der Schweißstelle herangezogen werden.

Nachheriges Ausglühen aller größeren Beanspruchungen ausgesetzten Teile ist auch zur Beseitigung der Spannungen, die durch die örtliche Erhitzung namentlich an Teilen verwickelter Formen entstehen, geboten.

Die „Schmelzschweißung“ wird beim Angießen, bei der Thermitschweißung und bei den elektrischen und autogenen Verfahren auf zahlreiche Werkstoffe: Gußeisen, Schmiedeeisen und Stahl, Kupfer, Rotguß, Bronze, Messing, Aluminium, Zink und Blei angewendet, und zu Ausbesserungsarbeiten, zum Beseitigen von Fehlstellen, Rissen oder Brüchen an Guß- und Schmiedestücken und in ausgedehntem Maße zum Schweißen der Nähte dünner und mittlerer Bleche aller Art benutzt [VII, 2].

Die Schweißung kann in verschiedener Form, als stumpfe, Abb. 591, überlappte, Abb. 592, als Keilschweißung, Abb. 593 und auf elektrischem Wege als Punkt- und Nahtschweißung ausgeführt werden. Die stumpfe Schweißung gibt eine schmale Haftfläche und sollte bei größeren Kräften vermieden werden, wenn nicht die Verfahren oder besondere Umstände, z. B. das Einschweißen eines dicken Bodens in eine dünne Wandung oder das Anschweißen von Flanschen an Rohren zur Anwendung zwingen. Die geschweißte Stelle ist gegenüber Beanspruchungen auf Biegung und Zug empfindlich. Am günstigsten ist die überlappte Ausführung, bei welcher die zu verbindenden Bleche in einer Breite $b = 1,5$ bis $2t$ übereinander gelegt und durch Hammerschläge oder Druck so vereinigt werden, daß die Schweißstelle dieselbe Stärke wie das übrige Blech erhält. Das Einschweißen eines besonderen Stückes in die Fuge wird bei größeren Blechstärken benutzt. Verwandt mit der Keilschweißung ist das Einschmelzen des Schweißmittels in die keilförmige Nut bei den autogenen und elektrischen Verfahren nach Abb. 594 bis 596. Im Falle der Abb. 594 werden die unter etwa 45° zugeschärften, behauenen oder abgeschmolzenen Stücke von der einen Seite her verschweißt, indem das Metall im zähflüssigen Zustande unter Benutzung einer Schweißpaste in die Rinne eingetragen wird. Ist das Stück beim Schweißen von beiden Seiten her zugänglich, so sind Nähte nach Abb. 595 oder noch mehr nach 596 zu empfehlen, letztere weil die Stelle durch die symmetrische Ausbildung viel trag- und widerstandsfähiger ist. Bei der Punktschweißung werden die übereinandergelegten Blechränder durch den Strom, der durch zwei Elektroden beiderseits der Bleche zugeleitet wird, punktförmig verbunden, so daß eine einer Nietnaht ähnliche Verbindung entsteht. Bei der Nahtschweißung erzeugt die Zu-

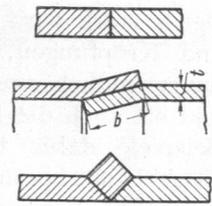


Abb. 591 bis 593.
Stumpfe, überlappte
und Keilschweißung.

Bei der Punktschweißung werden die übereinandergelegten Blechränder durch den Strom, der durch zwei Elektroden beiderseits der Bleche zugeleitet wird, punktförmig verbunden, so daß eine einer Nietnaht ähnliche Verbindung entsteht. Bei der Nahtschweißung erzeugt die Zu-

führung des Stromes durch eine längs der Überlappung laufende Rolle eine linienförmige Naht.

Beispiele für die Anwendung des Schweißens bringen die Abb. 597 bis 606. Abb. 597 Anschluß eines Winkeleisens, 598 eines Flansches, 599 eines Bodens, Abb. 600 Abdichten einer Nietnaht als Ersatz für das Verstemmen. Die Herstellung einer langen Exzenterstange, Abb. 601, ist durch das Schmieden des Stangen-



Abb. 594 bis 596. Schmelzschweißungen.

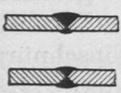


Abb. 597. Anschweißen eines Winkeleisens.



Abb. 598. Anschweißen eines Flansches.



Abb. 599. Stumpfe Schweißung an einem Boden.



Abb. 600. Abdichten einer überlappten Naht durch Schweißen.

schaftes aus einem Stück vom Querschnitt des Kopfes oder des Flansches möglich, wird aber teuer. Vorzuziehen ist das Anschweißen des Kopfes bei *b* und des Flansches bei *a*. In ähnlicher Weise lohnt es sich vielfach, die Köpfe schwerer Bolzen oder Schrauben anzuschweißen. An Wellen werden starke Bunde an- oder aufgeschweißt, eine allerdings schwierige, zeitraubende Arbeit, die, wenn möglich, konstruktiv vermieden werden sollte.

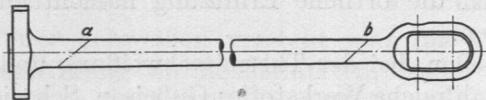


Abb. 601. Geschweißte Exzenterstange.

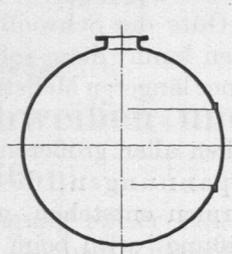


Abb. 602. Geschweißtes kugeliges Gefäß.

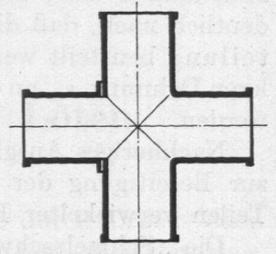


Abb. 603. Kreuzstück geschweißt.

In neuerer Zeit wird die Schweißung in zunehmendem Maße an Stelle von Nietungen an Dampfkesseln, Flammrohren, Wasserkammern, Rohrleitungen, Apparaten der chemischen und Papierindustrie angewendet. Die dabei erreichten Vorteile sind, daß keine künstliche Dichtung nötig ist, daß die Wandung glatt und überall gleich stark wird, daß also Werkstoffansammlungen und Kröpfungen, wie sie bei überlappten Nietungen unvermeidlich sind, wegfallen und daß das Gewicht und oft auch die Herstellungskosten geringer werden.

Beispiele dafür bieten die Abb. 602 bis 606, die zum Teil Formen, die bisher gegossen wurden,

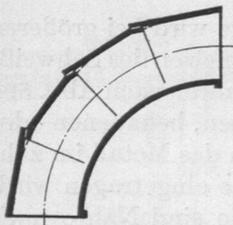


Abb. 604. Geschweißter Krümmer. W. Fitzner, Laurahütte.

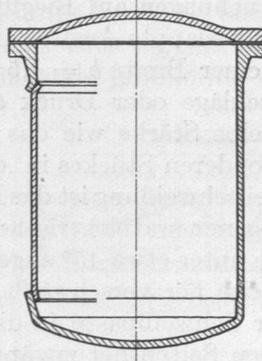


Abb. 605. Geschweißter Wasserabscheider. W. Fitzner, Laurahütte.

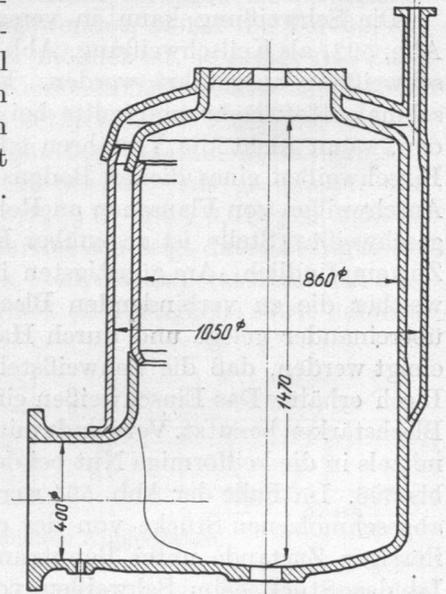


Abb. 606. Gefäß mit Heizmantel, geschweißt (J. Pintsch, Fürstenwalde). M. 1:25.

in Flußeisen zeigen. Auf der einen Seite der Abbildungen sind die Schweißstellen angedeutet, auf der anderen die fertig geschweißten Stücke dargestellt.

An Dampfkesseln unterliegt die Anwendung des Schweißens gewissen Beschränkungen. So müssen die Eckschweißungen von Böden zylindrischer Kessel, Abb. 607, unter allen Umständen vermieden werden, weil die Schweißnähte gegenüber den hohen Nebenbeanspruchungen auf Zug und Biegung an dem scharfen Übergang nicht genügend zuverlässig sind. Aus dem gleichen Grunde werden die früher vielfach üblichen stumpfen Eckschweißungen an Wasserkammern, Abb. 608 und 609, neuerdings vermieden. Sehr gefährlich sind Schweißungen an Flammrohren an den höheren Wärmegraden ausgesetzten Stellen über dem Roste und in der Nähe der Feuerbrücke, die bei einem etwaigen Einbeulen der Rohre infolge Wassermangels wegen der geringen Dehnbarkeit der Schweißnaht besonders leicht brechen, wie denn überhaupt Schweißungen an allen Stellen, die großen Wärmeschwankungen unterworfen sind, besser umgangen werden.

Die Festigkeit einer Schweißung hängt von der Verwendung richtigen Werkstoffs, außerdem aber in sehr wesentlichem Maße von der Sorgfalt bei der Herstellung ab. Schwierige Schweißarbeiten erfordern sehr geübte und dauernd damit beschäftigte Leute und sollten deshalb stets Sonderfirmen mit genügenden Erfahrungen übertragen werden.

Berechnung. Die Festigkeit geschweißter, überlappter Nähte darf bei sorgfältiger Ausführung sicher zu 80% des vollen Bleches angenommen werden. Manche Firmen gewährleisten 90 bis 95%. Bei Dampfkesseln soll nach den polizeilichen Bestimmungen [VII, 3] die Festigkeit „gut und mittels Überlappung geschweißter Nähte zu 0,7 der Festigkeit des vollen Bleches in Rechnung gesetzt werden. Dabei wird empfohlen, solche Nähte, welche auf Biegung oder Zug beansprucht werden, nicht zu schweißen und keine Schweißnaht herzustellen, wenn das geschweißte Stück nicht nachträglich ausgeglüht werden kann. In besonderen Fällen kann bei geschweißten Längsnähten in Kesselmänteln verlangt werden, daß Sicherheitslaschen angebracht werden“.

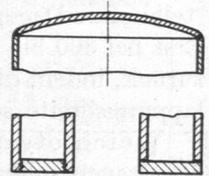


Abb. 607 bis 609. Unrichtige Lage der Schweißnähte, die starken Nebenbeanspruchungen auf Zug und Biegung ausgesetzt sind.

II. Löten.

Beim Löten werden zwei Stücke durch ein metallisches Bindemittel, das Lot, vereinigt. Für Verbindungen, in denen größere Kräfte wirken, kommen ausschließlich Kupfer und Hart- oder Schlaglot, eine Legierung aus Kupfer und Zink, genormt durch DIN 1711, vgl. S. 125, manchmal mit Zuschlägen von Silber als Silberlot nach DIN 1710, in Betracht. Mit steigendem Zinkgehalt wächst die Leichtflüssigkeit, vermindert sich aber die Zähigkeit. Die zu vereinigenden Oberflächen werden sorgfältig gereinigt und während des Erhitzens durch ein Flußmittel, in der Regel Borax, von Oxydschichten freigehalten. Beim Schmelzen fließt das Lot in die Fuge und stellt so die Verbindung her, deren Widerstandsfähigkeit von der Festigkeit des verwandten Lotes und von der Breite der Überlappung abhängt. Die Eigenschaften des Bleches, insbesondere seine Festigkeit und Dehnbarkeit, bleiben bei den geringen Wärmegraden, die beim Löten nötig sind, meist unverändert. Das Hartlöten findet ausgedehnte Anwendung bei der Herstellung kupferner Gefäße und Rohrleitungen, zum Befestigen von Flanschen, Abb. 610, und Stutzen an schmiedeeisernen Rohren und als Ersatz der Nietung bei schwächeren Eisenblechen ($t \lesseqgtr 6$ mm). An Stücken, die auf mehr als 200° erwärmt werden, sind Hartlötungen bedenklich und nicht zu empfehlen.

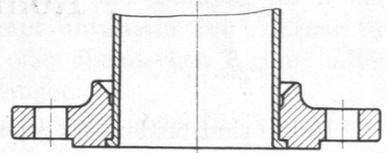


Abb. 610. Aufzulötender Flansch.



Abb. 611.

Berechnung. Lötstellen sollen auf Abgleiten, Abb. 611, nicht auf Zug oder Biegung beansprucht werden. Über die erste Art der Inanspruchnahme hat Diegel Versuche ausgeführt [VII, 1] und dabei Tragfähigkeiten von 1400 bis 1900 kg/cm² der Lötfläche bei Verwendung zähen Hartlots festgestellt. Wenn man mit derselben Sicherheit wie im

Blech und mit dem kleinsten der ermittelten Werte rechnet, so ergibt sich aus der Betrachtung eines Streifens von einem Zentimeter Breite, Abb. 611, die Überlappungsbreite der Lötnaht zu:

$$b = \frac{t \cdot K_z}{1400}, \quad (149)$$

wenn t die Dicke, K_z die Zerreißfestigkeit des Bleches bedeutet.

Aus Herstellungsrcksichten wird die Überlappungsbreite meist größer, $b \geq 4 - 6t$ genommen, so daß die Widerstandsfähigkeit der Lötnaht stets größer als die des Bleches ist und die Brüche außerhalb der Naht eintreten. Flanschverbindungen werden durch Umbördeln des Rohres nach dem Löten weiter verstärkt.

Bei Versuchen von Rudeloff an Zugproben aus Rohren von weichem Kupfer von 3, 5 und 8 mm Wandstärke, die unter Zuschrfen der Blechkanten etwa 20, 25 und 35 mm breit überlappt mit Schlaglot gelötet waren [VII, 4], verhielten sich gut gelungene Ltnhte bei Wärmegraden bis zu 300° im allgemeinen ebenso wie Proben ohne Naht. Bis zu 200° traten die Brüche bei den schwächeren Blechen fast ausnahmslos außerhalb der Lötstelle ein. Dagegen rissen die Proben aus 8 mm dicken Blechen meist in der Lötstelle. Erst bei 300 bis 400° C ging die Festigkeit der Ltnhte stärker als die der Kupferbleche zurück, indem die Brüche häufiger in den Ltnhten auftraten. Mit zunehmender Überlappungsbreite schien die Schwierigkeit, blasenfreie Ltnhte herzustellen, zu wachsen.

Weichlote dienen zur Herstellung von Verbindungen, die keine oder mige Kräfte übertragen sollen; insbesondere an Gefäßen und Teilen aus Kupfer, Zink, Messing und aus Blechen aller Art. Die Lötstellen werden blank gemacht und während des Erhitzens beim Löten durch ein Lotaufbringmittel, Zinkchlorid, Salzsäure, Wachs, Fette usw., die leichtflüssiger als die Lote sind, vor dem Sauerstoff der Luft geschtzt und blank gehalten. Die Lote selbst haben im flüssigen Zustande größere Benetzungskraft, verdrängen die eben erwähnten Mittel, schließen die Fuge und stellen die Verbindung her.

Achter Abschnitt.

Rohre und Rohrleitungen.

I. Allgemeines.

Rohre sind beiderseits offene Zylinder, die zu Leitungen und Rohrnetzen zusammengesetzt oder zwischen einzelnen Maschinenteilen eingeschaltet, zum Fortleiten und Verteilen von Flüssigkeiten, Dampf und Gasen, ausnahmsweise von körnigen, festen Körpern dienen. An Krümmungen und Abzweigstellen vermitteln besondere Formstücke den Übergang zwischen den einzelnen Rohren oder Strängen. Die gängigen Rohrsorten und Formstücke sind genormt; nur solche mit ungewöhnlichen Abmessungen oder solche für sehr hohen Druck werden von Fall zu Fall besonders entworfen.

Die Normen sind auf den in DIN 2401 festgelegten Druckstufen, Zusammenstellung 84, unter Benutzung der Normungszahlen der DIN 323 aufgebaut. Die Rohre werden dem Nenndruck entsprechend bemessen und nach demselben in Gruppen eingeteilt und benannt, aber je nach der Art und den Eigenschaften der durchzuleitenden Stoffe bei z. T. abweichendem Betriebsdruck verwendet. So sind z. B. Rohre vom Nenndruck 40 für Wasser bis zu 40 kg/cm² Pressung, dagegen für Gase und Dampf unter 300° bis zu 32, für Heißdampf nur bis zu 25 kg/cm² Betriebsdruck zulässig. Gas und Dampf sind nämlich bei etwaigen Brüchen ungleich gefährlicher wie Wasser; außerdem verlangen hohe Wärmegrade eine Ermäßigung der Spannungen in den Rohr-