

(134) gleich Null setzt, so daß die Berechnung der Wandstärke nach

$$t = \frac{p \cdot d_i}{1200} + 0,2 \text{ cm} \quad (135)$$

erfolgen kann.

Rohre, die die Feuerroste unmittelbar aufnehmen sollen, bekommen meist einen weiteren Zuschlag von 0,05 bis 0,1 cm.

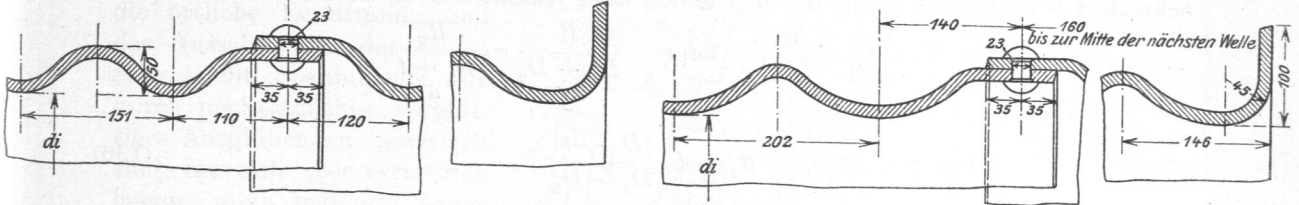


Abb. 494 und 495. Wellrohrformen.

### 7. Gestaltung einfacher Kessel, Durchbildung und Ausführung ihrer Vernietungen.

Die Kessel pflegen aus zylindrischen, seltener kegelförmigen Schüssen und ebenen oder gewölbten Böden und Wänden, häufig in Verbindung mit Flamm-, Wasser- und Rauchrohren zusammengesetzt zu werden. Flammrohre sind weite, im Innern eines walzenförmigen Kessels liegende Rohre, Abb. 527, die oft den Rost und damit die Feuerung selbst aufnehmen oder durch welche die Feuergase geleitet werden. Wasserrohre dienen zur Erhitzung des in ihnen strömenden Wassers; sie werden von außen her vom Heizmittel umspült. Umgekehrt strömen bei den Feuer- oder Rauchrohren, Abb. 513, die Gase durch die außen von Wasser umgebenen Rohre hindurch.

Beim Entwurf der einfachsten Form der Kessel, des Walzenkessels, geht man von den normalen Böden, Zusammenstellung 77, aus und bestimmt danach die Durchmesser der einzelnen, an den Quernähten ineinander gesteckten Schüsse. Wählt man deren Zahl ungerade, Abb. 527, so kommt man bei gleichem Durchmesser der beiden Böden mit zylindrischen Schüssen aus, die sich aus rechteckigen, also geradlinig begrenzten und daher leicht anzureißenden und durch Hobeln zu bearbeitenden

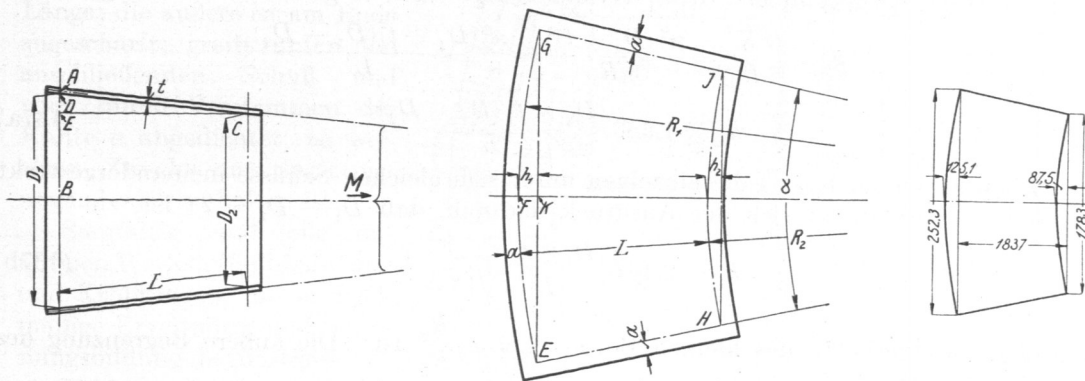


Abb. 496. Ermittlung der Maße und Einschreiben der Maßzahlen an kegeligen Schüssen.

Blechen zusammenrollen lassen. Eine gerade Schußzahl verlangt dagegen, daß mindestens einer der Schüsse kegelförmig gestaltet wird, Abb. 467. In der Abwicklung erhält dieser zwei kreisbogenförmige und zwei schräg zueinanderstehende, aber gerade Begrenzungslinien, Abb. 496, ist also umständlicher anzureißen und schwieriger auszuarbeiten. Die Darstellung verdeutlicht auch die Art der Maßangabe an solchen Schüssen. Die Abwicklungsmaße werden wie folgt gefunden. Bezeichnen

$D_1$  und  $D_2$  die lichten Durchmesser des Kesselschusses in den Quernähten,  
 $t$  die Blechstärke,

$L$  die Länge des Schusses zwischen den Nietnähten

$\alpha$  den Zentriwinkel der abgewickelten Fläche,

$h_1$  und  $h_2$  die Pfeilhöhen der Bögen,

$R_1$  und  $R_2$  die Halbmesser der Nietlochkreise in der Abwicklung,

so sind die mittleren Umfänge des Schusses, längs der Quernähte gemessen,  $\pi \cdot (D_1 + t)$

und  $\pi \cdot (D_2 + t)$  gleich den Bogenlängen  $\widehat{EFG}$  und  $\widehat{HJ}$ . Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke  $MAB$  und  $CDE$  folgt, da  $MA$  gleich dem Halbmesser  $R_1$  in der Abwicklung ist,

$$\frac{CD}{ED} = \frac{MA}{AB} \quad \text{oder} \quad \frac{L}{\frac{D_1 - D_2}{2}} = \frac{R_1}{\frac{D_1 + t}{2}};$$

$$R_1 = L \cdot \frac{D_1 + t}{D_1 - D_2}, \quad (136)$$

und  $R_2 = R_1 - L$ .

Bei schwach kegeligen Schüssen werden die Halbmesser  $R_1$  und  $R_2$  sehr groß. Dann empfiehlt es sich, das Blech unter Benutzung der Pfeilhöhen  $h_1$  und  $h_2$  mit einer durchgebogenen Latte anzureißen. Zur genauen Bestimmung der Pfeilhöhen führt folgender Weg: Man berechnet zunächst  $R_1$  nach (136), dann den Zentriwinkel  $\alpha$  aus

$$\frac{\alpha}{360^\circ} = \frac{\widehat{EFG}}{2\pi R_1} = \frac{\pi(D_1 + t)}{2\pi R_1} = \frac{D_1 + t}{2R_1}$$

und findet

$$h_1 = \overline{FK} = R_1 \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right). \quad (137)$$

Für die meisten Fälle genügt eine Näherungsformel, die selbst bei einer Neigung der Erzeugenden des Kegels gegenüber der Achse von  $15^\circ$  nur  $2\%$  Fehler gibt. Es ist

$$\overline{GK}^2 = h_1 (2R_1 - h_1) = 2R_1 h_1 - h_1^2.$$

Wenn nun die halbe Sehnenlänge  $\overline{GK}$  durch die Bogenlänge  $\widehat{FG} = \frac{\pi}{2}(D_1 + t)$  ersetzt und der Wert  $h_1^2$  gegenüber  $2R_1 h_1$  vernachlässigt wird, so geht die Gleichung über in

$$h_1 = \frac{\overline{GK}^2}{2R_1} = \frac{\pi^2 (D_1 + t)^2}{8R_1} = \frac{\pi^2 (D_1 + t)(D_1 - D_2)}{8L},$$

$$h_1 = 1,233 \frac{(D_1 + t)(D_1 - D_2)}{L}. \quad (137a)$$

Sollen an einem Kessel die einzelnen unter sich gleichen Schüsse ineinandergesteckt werden, so vereinfacht sich der Ausdruck dadurch, daß  $D_1 - D_2 = 2t$  ist, zu

$$h_1 = 2,467 \frac{(D_1 + t) \cdot t}{L}, \quad (137b)$$

während die Pfeilhöhe des kleinen Bogens  $h_2 = h_1 \frac{R_2}{R_1}$  ist. Die äußere Begrenzung des Kesselbleches ergibt sich durch Auftragen des Abstandes  $a$  der Nietnähte von den Kanten an allen Seiten.

Beim Zusammentreffen von Längs- und Quernähten entstehen Blechstöße. Je nach der Zahl der dabei beteiligten Bleche unterscheidet man Drei- und Vierplattenstöße, Abb. 497 und 498, von denen man freilich die letzteren der schwierigeren Ausführung und der größeren Werkstoffansammlung wegen gern dadurch vermeidet, daß man die Längsnähte unter Ausführung von zwei Dreiplattenstößen gegeneinander versetzt, Abb. 467.

Bei diesen muß das mittlere Blech zur Vermeidung einer Lücke in Form einer Zunge zugeschärft werden, über die man den anschließenden Schuß schiebt, Abb. 499. Das

Zuschärfen kann nach Abb. 500 durch Ausschmieden der Blechecke geschehen, wobei die Zunge nach Form und Maßen so zu wählen ist, daß sie sich aus dem rechtwinklig zugeschnittenen Blech ausziehen läßt. Die von Anfängern häufig gezeichnete Gestalt, Abb. 502, ist falsch, weil sie den strichpunktirt gezeichneten, schwierig herzustellenden und daher teuren Ansatz an der Blechtafel voraussetzt! In Flußstahl entstehen jedoch durch die örtliche Erwärmung und das Ausschmieden der Blechecke leicht Spannungen, die durch nachträgliches, sorgfältiges Ausglühen zu beseitigen sind, die sich aber vermeiden lassen, wenn man die Zunge nach Abb. 501 durch Abhobeln herstellt, eine Ausführung, die in neuerer Zeit mehr und mehr angewendet wird.

Beim Vierplattenstoß, Abb. 498, schärft man die beiden mittleren Platten zu; seltener findet man die Ausführung mit stumpfem Schluß, Abb. 503. Schwierige Stöße, z. B. den an der Bördelung des Dampf-

domes liegenden, Abb. 504, kann man durch überlappte Schweißung auf der Strecke *ab* umgehen; manchmal schweißt man auch zylindrische Schüsse an den Stoßstellen, wie bei *c* in der gleichen Abbildung angedeutet ist. Die Ausbildung des Stoßes einer

Doppellaschenietung zeigt Abb. 505. Die innere Lasche deckt die Fuge in ihrer ganzen Länge; die äußere ist am Ende zugeschärft, greift unter den anschließenden Schuß und wird durch Verstemmen der Kante *a* abgedichtet, zu welchem Zwecke der Spalt genügend weit zu halten ist.

Sorgfältig sind alle unnötigen Werkstoffanhäufungen und Kröpfungen, die unregelmäßige Erwärmung und Spannungsbildung begünstigen, zu vermeiden. In einer zylindrischen, durchweg gleich starken Wandung, die außen und innen einem bestimmten Temperaturunterschied ausgesetzt

ist, in der also ein überall gleiches Wärmegefälle herrscht, entstehen Druckspannungen auf der Seite der höheren Temperatur, Zugspannungen auf der andern. Da dieselben sich aber ringsum gleichmäßig ausbilden und im Gleichgewicht halten, üben sie bei den gewöhnlichen Wärmegraden keine schädlichen Wirkungen aus und sind unbedenklich. Beträchtliche Störungen und Unregelmäßigkeiten treten aber

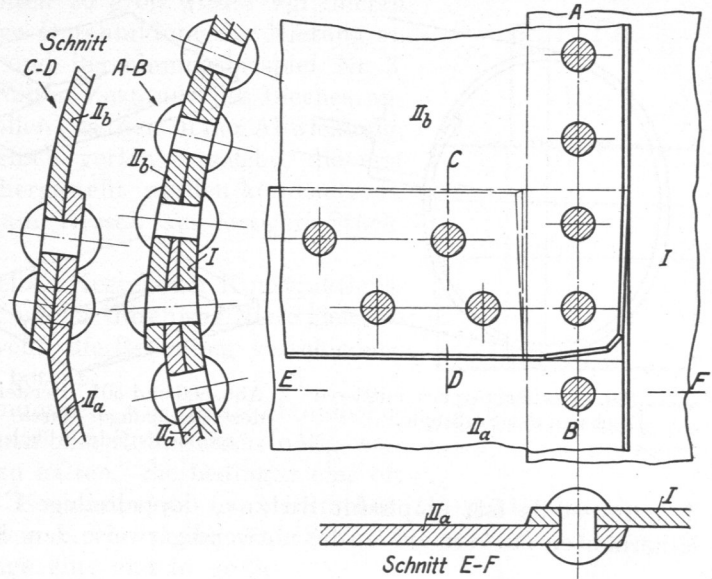


Abb. 497. Dreiplattenstoß.

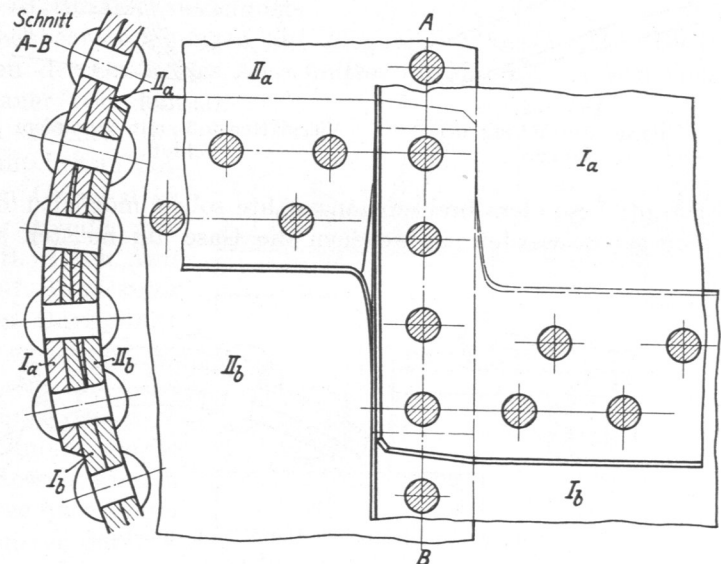


Abb. 498. Vierplattenstoß.



an allen Überlappungen und Stoßstellen auf. Die den Feuergasen ausgesetzten Blechkanten werden stärker erhitzt, suchen sich auszudehnen und kommen unter zusätzliche Druckspannungen, Abb. 506, weil die weiter abliegenden Schichten, in denen Zugspannungen entstehen, sie an der Ausdehnung hindern; Spannungen, die im Verein mit den vorerwähnten und den Betriebsspannungen schließlich zu Rissen und Brüchen in den Nietnähten führen können. Zu ihnen tritt noch ein stärkerer Angriff der hoch erhitzten Blechstellen durch die Feuergase, eine Erscheinung, die sich u. a. in der bekannten geringen Haltbarkeit aufgesetzter Flicker an Kesseln und an dem Abbrennen der Stemmkannten und Nietköpfe äußert. Da die Wirkungen um so stärker sind, je breiter die Über-

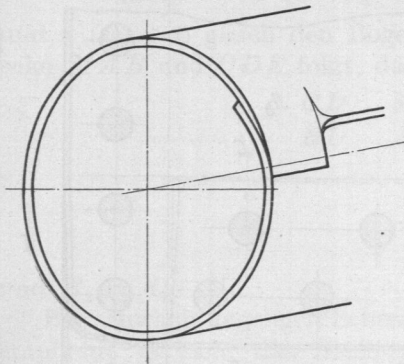


Abb. 499. Zuschärfung des mittleren Blechs an der Stoßstelle.

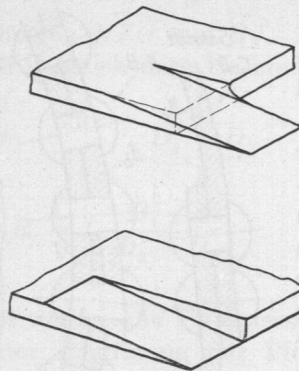


Abb. 500 und 501. Herstellung der Blechzunge durch Ausschmieden oder Abholen.

lappungsstellen ist, empfiehlt Sulzer, doppelreihige Überlappungsnietungen in solchen Quernähten zu vermeiden, die notwendigerweise dem Feuer ausgesetzt werden müssen.

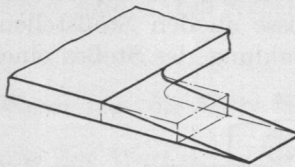


Abb. 502. Falsche Ausbildung der Zunge.

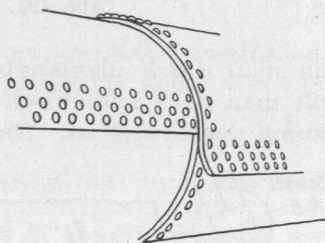


Abb. 503. Vierplattenstoß mit stumpfem Schluß.

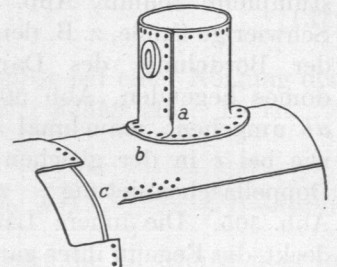


Abb. 504. Dampfessel mit Schweißstellen bei a—b und c.

Die oft besonders breiten Längsnähte sollen möglichst dem Feuer entzogen und in den Zug gelegt werden, in welchem die Gase am meisten abgekühlt sind. Schweißstellen

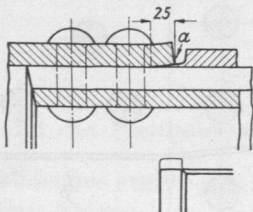


Abb. 505. Stoß an einer Doppellaschennietung.

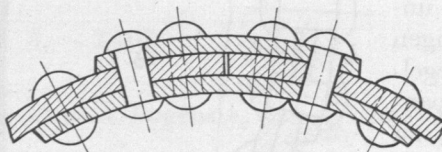


Abb. 506. Zusatzspannungen in der Überlappung.

von gleicher Stärke, wie das volle Blech, sind wegen des Fehlens der Wärmestauungen in der erwähnten Beziehung Nietnähten überlegen.

Für die Anordnung der Niete gibt die auf Grund der Rechnung ermittelte Teilung den ersten Anhalt. Praktisch wird man von derselben wegen der Abmessungen der Schüsse häufig mehr oder weniger abweichen müssen — nach oben freilich nur, so weit es der Gleitwiderstand der Niete zuläßt —, wird aber im übrigen möglichst gleichmäßige



Nietverteilung anstreben. Unregelmäßige Anordnung und größere Abweichungen von der normalen Teilung sind oft an den Stößen notwendig, wo besonders darauf zu achten ist, daß sich die Köpfe trotz der vorspringenden Blechkanten gut schlagen und verstemmen lassen, während aber andererseits sorgfältig zu vermeiden ist, daß die Nietentfernung längs der Stemmkannten zu groß wird. Vgl. hierzu die Berechnung und konstruktive Durchbildung der Nietung an dem Dom, Abb. 529, Abb. 532 und Berechnungsbeispiel Nr. 3.

Nietlöcher, welche im ungerollten Zustande des Bleches angerissen und gebohrt werden sollen, werden in der Abwicklung, Abb. 530, so, wie es das Anreißen verlangt, solche, die erst nach dem Biegen oder Bördeln hergestellt werden können, z. B. die Anschlußniete des Domes am Kessel, am fertigen Stück, Abb. 529, angegeben.

Daß man an ein und demselben Kessel oder Konstruktions- teil der einfacheren Herstellung wegen durchweg Niete gleichen Durchmessers benutzt, selbst wenn die Rechnung verschiedene Maße liefert, sei hier nochmals betont.

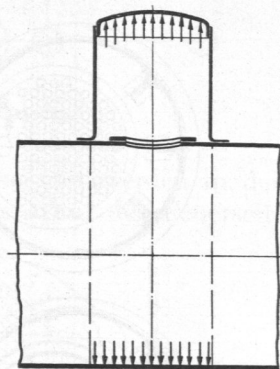


Abb. 507. Belastung der Kesselwandung durch den Druck auf den Domboden.

Ausschnitte in den Kesselwandungen, wie sie als Mannlöcher und wegen Anschlüssen von Dömen oder Rohrstützen nötig werden, sind so klein wie möglich zu halten. Sie bedingen eine oft beträchtliche Schwächung des Kesselmantels in mehrfacher Hinsicht. Infolge der durch die Löcher hervorgerufenen Kerbwirkung (vgl. Seite 148) tritt eine Erhöhung der Spannungen am Lochumfang ein; erst in größerer Entfernung vom Loche nähert sich die Beanspruchung der nach Formel (56) berechneten mittleren. Ferner sucht der im Fall der Abb. 507 oft recht bedeutende Druck auf dem Domboden und auf dem dem Boden gegenüberliegenden Stück der Wandung den Kessel unter Verzerrung des kreisförmigen Querschnitts durchzuspannen, ruft also Nebenbeanspruchungen auf Biegung hervor [VI,14]. Diese Inanspruchnahme ist nicht von der Größe des Ausschnittes im Mantel, sondern vom Durchmesser des Domes, genauer von dem Durchmesser abhängig, bis zu welchem der Dampfdruck zwischen Kesselmantel und Domflansch vordringt. Aus all den Gründen ist eine wirksame Verstärkung der Ränder größerer Ausschnitte geboten, z. B. durch Aufnieten eines Ringes nach Abb. 507. Mindestens muß der Schuß im ungünstigen Querschnitt auf die volle Kraft, welcher er ausgesetzt ist, berechnet, die volle Sicherheit aufweisen, die für die Kesselart und Ausführungsweise vorgeschrieben ist. Längliche Ausschnitte, wie die Mannlöcher zum Befahren des Kessels, werden zweckmäßig mit ihrer Längsachse quer zu der des Kessels angeordnet, weil dieser dann in dem stärker beanspruchten Längsschnitt weniger geschwächt wird. Normale Abmessungen eines Mannlochausschnittes mit gepreßten oder ebenen Verschußdeckeln, des besseren Dichthaltens wegen von innen her angelegt, zeigen die Abb. 529 und 508. Die geringste zulässige Lichtweite ist 280·380 mm, die normale 300·400 mm.

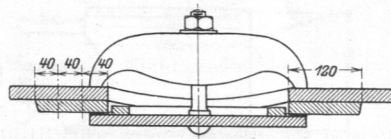


Abb. 508. Mannlochverschluß.

Übliche Verbindungen der Kesselböden mit Längswänden und Flammrohren zeigen die Abb. 509 bis 512, die Flammrohrkesseln mit gepreßten Böden nach Abb. 478 bis 481 ent-

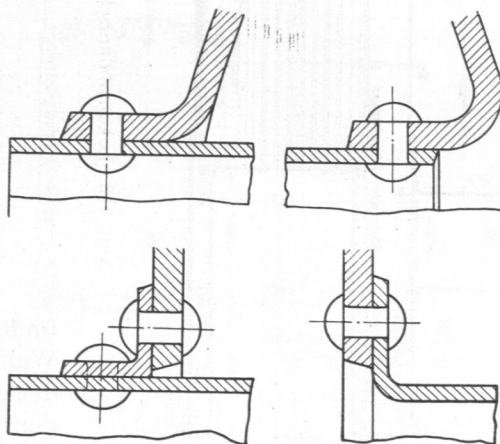


Abb. 509 bis 512. Nietverbindungen an Flammrohren und Kesselböden.

Übliche Verbindungen der Kesselböden mit Längswänden und Flammrohren zeigen die Abb. 509 bis 512, die Flammrohrkesseln mit gepreßten Böden nach Abb. 478 bis 481 ent-



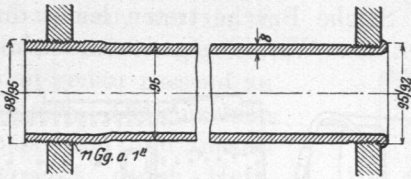


Abb. 517. Ankerrohr.

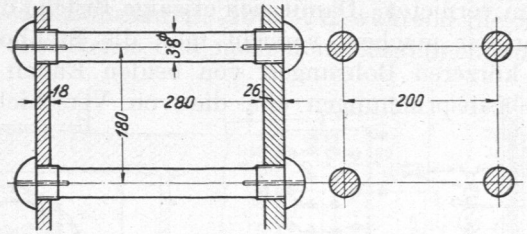


Abb. 518. Stehbolzen.

rohren, Abb. 513, verteilt angeordnet, haben größere Wandstärke und werden in den Böden oder Wandungen eingeschraubt, aufgewalzt und mindestens auf der Feuerseite

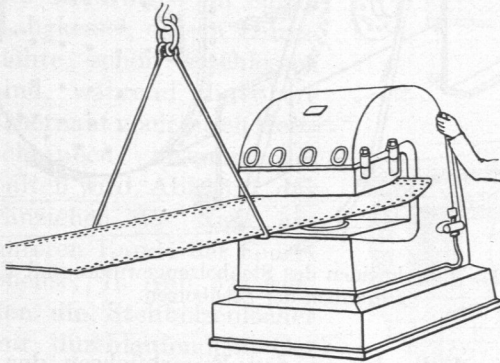


Abb. 519. Anbiegen der Kesselschüsse.

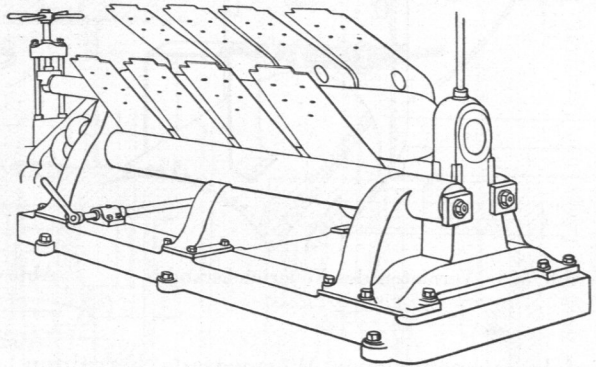


Abb. 520. Biegen der Stehkesselbleche.

umgebördelt. Stehbolzen, Abb. 518, dienen zur Versteifung naher Wände und tragen an beiden Enden Gewinde, das durchlaufen muß, um Zwängungen beim Einziehen,

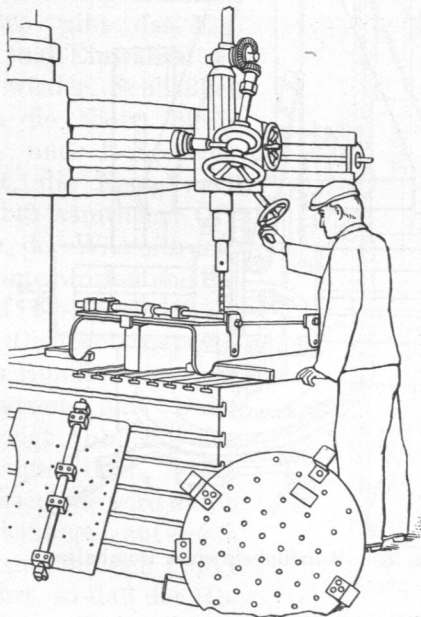


Abb. 521. Bohren einer Feuerbüchswand unter Benutzung von Bohrlehren.

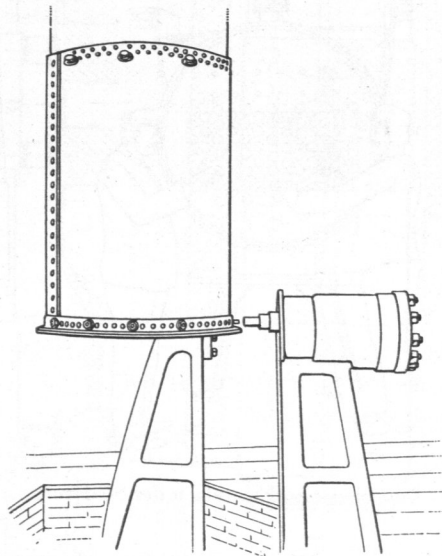


Abb. 522. Annieten des Bordringes am Langkessel.

das mittels eines an den Bolzen sitzenden Vierkants erfolgt, zu vermeiden. Nach Entfernung der Schraubengänge und des Vierkants an den vorstehenden Enden werden die



Bolzen vernietet. Damit sich etwaige Brüche durch Ausströmen von Wasser oder Dampf bemerkbar machen, versieht man die Stehbolzen mit einer durchlaufenden oder mit zwei kürzeren Bohrungen von beiden Enden her. Solche Brüche treten leicht durch Biegebeanspruchungen ein, die von Verschiebungen der Wände gegeneinander meist

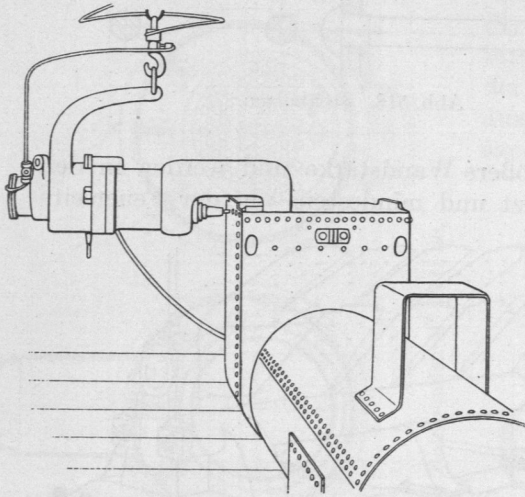


Abb. 523. Vernieten des Feuerbüchsrandes.

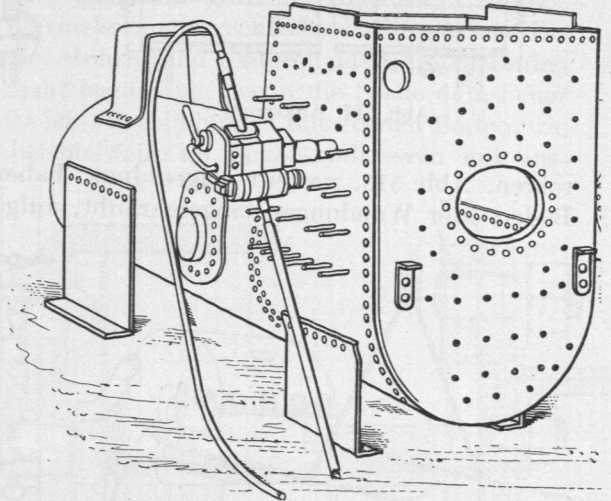


Abb. 524. Einschneiden des Stehbolzengewindes und Einschrauben der Stehbolzen.

infolge verschiedener Wärmegrade herrühren, ein Fall, der an den Feuerbüchsen der Lokomotiven und Lokomobilen häufig vorkommt.

Einige wichtige Stufen der Herstellung von Kesseln sind in den Abb. 519 bis 526 nach Aufnahmen der Maschinenfabrik H. Lanz, Mannheim u. a.

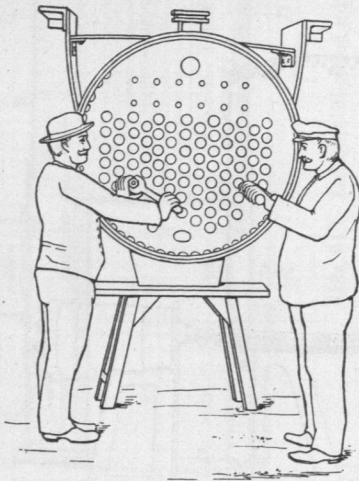


Abb. 525. Einziehen und Einwalzen der Siederohre.

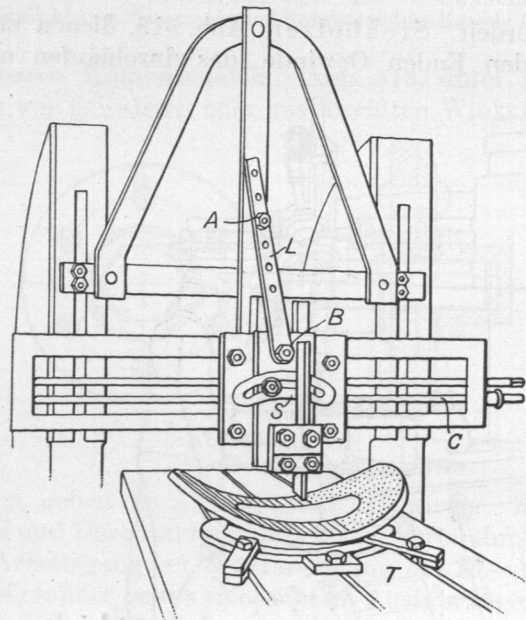


Abb. 526. Rundhobeln eines Domhalses.

wiedergegeben. Die für den Kesselmantel bestimmten Bleche werden in ungerolltem Zustande angerissen, an den Längskanten gehobelt und zu mehreren gleichzeitig gebohrt. Vollrunde Kesselschüsse biegt man dann an den Enden an, Abb. 519, und bringt sie ähnlich wie die Stehkesselbleche, Abb. 520, auf der Biegemaschine allmählich in die endgültige Form. Das Bohren der gepreßten Böden und äußeren Feuer-

büchswände geschieht unter Verwendung von Bohrlehren, Abb. 521, während die Stehbolzenlöcher in den inneren Wänden der Feuerbüchse erst nach dem Zusammenbau gebohrt werden, um sie zu den Löchern in den Außenwänden genau passend zu bekommen. Die einzelnen Teile werden nun zusammengesetzt, durch Heftschrauben verbunden und mit Wasserdrucknietmaschinen vernietet. So zeigt Abb. 522 das Annieten eines Bordringes an einem Langkessel, dessen Längsnähte schon geschlossen sind, während die obere Quernaht noch durch Heftschrauben zusammengehalten wird, Abb. 523, das Einziehen der Niete am unteren Rande der Feuerbüchse. In Abb. 524 werden die Stehbolzenlöcher mit durchlaufendem Gewinde versehen und die Bolzen selbst unter Verwendung von kleinen, durch Preßluft getriebenen Maschinen eingeschraubt. Abb. 525 gibt das Einziehen und Einwalzen der Rohre wieder. Schließlich werden die Niete, Bleckanten und Rohre verstemmt, die Kessel nach Verschluss sämtlicher Öffnungen der Wasserdruckprobe unterworfen und dabei auf Festigkeit sowie völlige Dichtheit geprüft.

Das Rundhobeln eines Rohrstützens oder Domhalses zeigt Abb. 526. Der Werkzeugschlitten *S* der Hobelmaschine wird durch die Lenkstange *L* auf einem Kreisbogen um den Punkt *A* geführt, so daß der Hobelstahl bei der Querverschiebung des Schlittens *S* durch die Spindel *C* eine Zylinderfläche vom Halbmesser *AB* bearbeitet, während der Tisch *T* die hin- und hergehende Bewegung unter dem Werkzeuge ausführt.

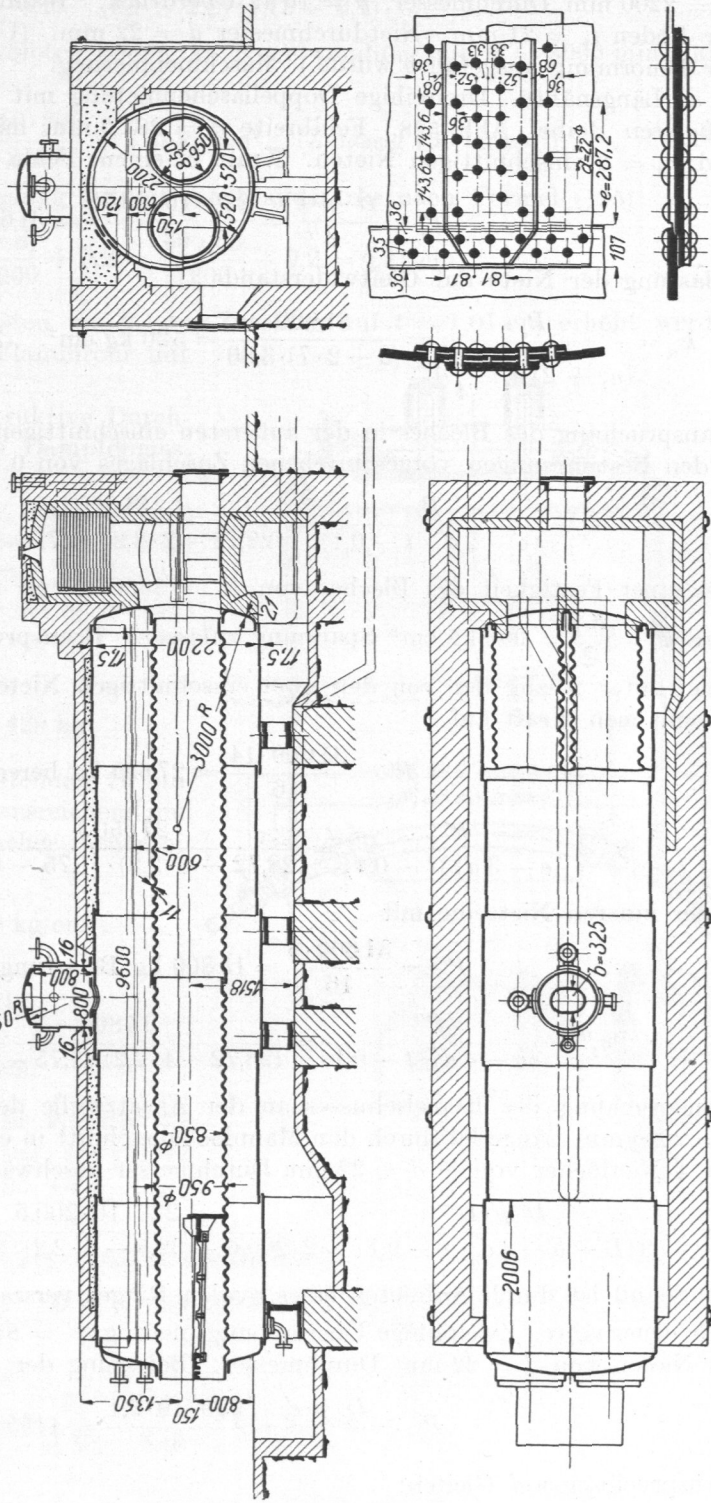


Abb. 527 und 528. Zweiflammrohrkessel von J. Piedboeuf, Aachen und Stoß der Längs- und Quernaht. M. 1 : 100 und 1 : 20.