

- $\zeta = 4,25$ bei doppelt gelaschten, handgenieteten Nähten,
- $\zeta = 4,1$ bei zweireihigen, doppelt gelaschten, maschinengenieteten Nähten, deren eine Lasche nur einreihig genietet ist,
- $\zeta = 4$ bei doppelt gelaschten maschinengenieteten Nähten.

Die Werte $\zeta = 4,25$ und $\zeta = 4$ können auch dann in die Rechnung eingeführt werden, wenn bei drei- und mehrreihigen Doppellaschennietungen die eine Lasche eine Nietreihe weniger besitzt als die andere, z. B. Fig. 385.

Die Blechdicke soll nicht geringer genommen werden als 7 mm; nur bei kleinen Kesseln sind allenfalls dünnere Bleche zulässig.

Die Zugbeanspruchung des Bleches darf unter Annahme gleichmäßiger Spannungsverteilung über den Querschnitt in keiner Nietreihe die Grenze $k_z = \frac{K_z}{\zeta}$ überschreiten.

Für Schiffskessel gilt besonders:

Überschreitet die Plattendicke 12,5 mm, so sind die Rundnähte doppelt und bei 25,0 mm und darüber die mittleren Rundnähte dreifach zu nieten.

Sind in den Mantelblechen Stehbolzen angeordnet, so ist darauf zu achten, daß die Festigkeit des Bleches in den Stehbolzenreihen nicht geringer wird als diejenige in der Längsnietung des Kesselmantels.

Die Dicke jeder Doppellasche sei $s_1 \geq \frac{3}{4}s$; die Dicke der einfachen Laschen sei $s_1 \geq s + 3$ mm.

Der Nietdurchmesser darf nicht größer als $2s$ und nicht kleiner als s sein.

Überschreitet die Nietteilung achtmal Mantel- oder Laschenbreite, so müssen die Laschenränder zickzackförmig ausgeschnitten werden, um ein zuverlässiges Verstemmen zu ermöglichen.

C. Die Nietverbindungen.

Man unterscheidet am Niet den Setzkopf, den Nietschaft und den Schließkopf. Die Form des Nietes ist im allgemeinen die in Fig. 369 dargestellte.

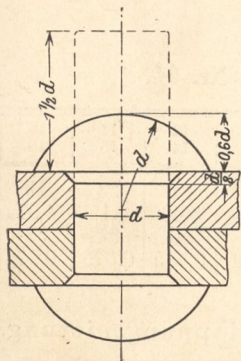


Fig. 369.

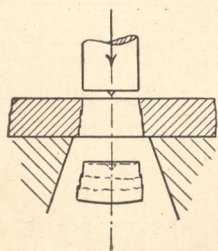


Fig. 370.

Dampfkesselniete werden nur warm (hellrot) vernietet. Damit der warme Niet in das Loch hineingeht, nimmt man den Schaft im Durchmesser um 1 bis 1,5 mm, in der Regel um 1 mm kleiner als das Loch.

Bei der Berechnung der Vernietungen wird stets der fertige Nietdurchmesser, d. h. der Lochdurchmesser in Rechnung gesetzt, in der Voraussetzung, daß durch die Stauchung des Nietschaftes die genau aufeinander passenden Löcher der zu nietenden Teile vollständig ausgefüllt werden.

Die Löcher können durch Stanzen oder durch Bohren hergestellt werden. Beim Stanzen ist der Vorgang etwa folgender: Unter dem Stempel (Fig. 370) wird zunächst das Material des Bleches etwas zusammengedrückt, bis in einer Zylindermantelfläche die Molekularkräfte über-

wunden sind. Der Druck pflanzt sich jedoch nicht genau senkrecht nach unten fort, sondern breitet sich zugleich seitwärts aus; deshalb wird das Loch nicht genau zylindrisch, sondern etwas kegelförmig und das Blech am Lochrande etwas nach unten durchgedrückt, was das glatte Aufeinanderlegen gelochter Blechränder und somit das spätere Dichthalten der Nähte im Betriebe sehr erschwert. Ferner wird das Blech in der Umgebung des Loches durch Überanstrengung und feine Haarrisse verschlechtert. Aus obigen Gründen sollten Löcher für Dampfkesselnietungen nur durch Bohren hergestellt werden.

Nach den „Bauvorschriften“ ist zwar das Loch bei Blechen mit geringerer Zugfestigkeit als $K_z = 4100$ kg/qcm und bei geringerer Dicke als $s = 27$ mm noch zugelassen, wobei die Werte ζ einen Zuschlag von 0,25 erhalten müssen, welcher auf 0,1 ermäßigt werden kann, wenn die gestanzten Löcher mindestens um $\frac{1}{4}$ des Durchmessers aufgebohrt werden. In ersten Werkstätten werden die Nietlöcher jedoch ohne Ausnahme gebohrt.

Man unterscheidet, je nachdem das Abscheren des Nietes in einem Querschnitte oder in zwei erfolgen würde, einschnittige Nietverbindungen oder Überlappungs- und einfache Laschennietungen und zweischnittige Nietverbindungen oder Doppellaschennietungen;

in beiden Fällen hat man ein- und mehrreihige Verbindungen.

a) Beanspruchungen des Nietes und der Nietverbindung.

In dem durch Fig. 371 veranschaulichten einfachsten Falle einer einreihigen Überlappungsnietung erkennt man, wenn von der Reibung abgesehen und auch die Biegung vernachlässigt wird, folgende Beanspruchungen:

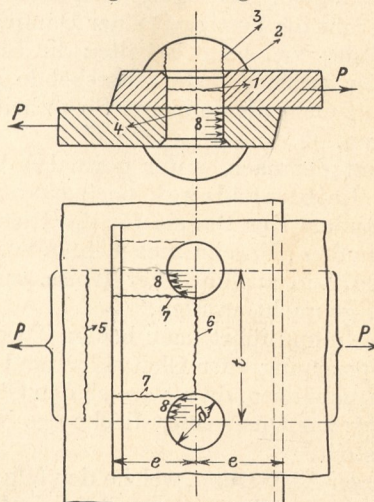


Fig. 371.

1. Beanspruchung des Nietes auf Zug im Querschnitt des Schaftes infolge der Zusammenziehung beim Erkalten.
2. Beanspruchung auf Druck in der ringförmigen Auflagerfläche des Kopfes.
3. Beanspruchung auf Abscheren in einer zylindermantelförmigen Fläche des Kopfes.
4. Beanspruchung auf Abscheren des Schaftes in der Berührungsfläche beider Bleche

$$\sigma_s = \frac{P}{\pi d^2} \cdot \frac{4}{4}$$

5. Beanspruchung des vollen Bleches auf Zug

$$\sigma_z = \frac{P}{t \cdot s}$$

6. Beanspruchung des Bleches auf Zug in der Nietnaht

$$\sigma_z = \frac{P}{(t - d) s}$$

7. Beanspruchung des Bleches auf Abscheren in zwei Querschnitten hinter dem Niet

$$\sigma_s = \frac{P}{2 s \cdot e}$$

In Wirklichkeit wird hier jedoch nicht ein Abscheren in zwei Querschnitten, sondern ein Aufreißen in einem Querschnitt infolge von Biegungsspannungen auftreten.

8. Beanspruchung auf Druck zwischen Nietschaft und Lochwand, Leibungsdruck

$$\sigma = \frac{P}{d \cdot s}$$

Vorstehend aufgeführte Beanspruchungen sind maßgebend für die Abmessungen und Formen der Nietverbindungen. Die Beanspruchungen 2 und 3 bestimmen Form und Größe des Nietkopfes, wobei noch berücksichtigt ist, daß der Rand des Kopfes sich unter einem kleineren Winkel als 90° auf das Blech aufsetzt, damit er verstemmt werden kann. 6 ist in Gl. (76) (S. 264) berücksichtigt, 5 kommt nicht in Betracht, weil kleiner als 6.

Das Auftreten der Beanspruchungen 4 und 8 setzt dagegen voraus, daß sich die Bleche gegeneinander frei verschieben können. Dies ist jedoch nicht der Fall, im Gegenteil beruht die Festigkeit einer Dampfkesselnietung darauf, daß der Niet beim Erkalten die Bleche so stark gegeneinander zieht, daß die entstehende Reibung groß genug ist, mit mehr als doppelter Sicherheit die Kraft *P* zu übertragen.

Es kommt demnach, unter normalen Verhältnissen, weder ein Leibungsdruck noch eine Schubspannung zustande. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Theorie ist in den „Maschinenelementen von C. v. Bach, 10. Aufl. 1907“ in ausführlicher Weise, durch Versuche unterstützt, gebracht worden.

Die Berechnung führt nach beiden Theorien, ob man Schubbeanspruchung oder Gleitwiderstand annimmt, zu denselben Ergebnissen, da man auch den Gleitwiderstand im Verhältnis zur Querschnittsfläche des Nietschaftes in Rechnung stellt.

Nach dieser Auffassung, welche den folgenden Berechnungen zugrunde gelegt ist, ergibt sich der Nietdurchmesser aus der Bedingung, daß der in Rechnung zu stellende Gleitwiderstand auf 1 qcm Nietquerschnitt, *k_n*, eine bestimmte Größe nicht überschreiten soll. Bei zweischnittigen Nietverbindungen rechnet man auf jeden Niet zwei tragende Querschnitte, weil der Gleitwiderstand in zwei Flächenpaaren auftritt.

Nach den „Bauvorschriften“ ist *k_n* = 700 kg/qcm, wenn das Nieteisen keine höhere Zugfestigkeit als *K_z* = 3800 kg/qcm hat; ist jedoch für dasselbe eine höhere Zugfestigkeit *K'_z* nachgewiesen, so darf der mit *k_n* = 700 kg/qcm berechnete Nietdurchmesser mit $\sqrt{\frac{3800}{K'_z}}$ multipliziert werden. In den nachstehenden Berechnungsangaben folgen wir den Vorschlägen von Bach,

welcher mit Rücksicht auf den Umstand, daß bei mehrreihigen Vernietungen die Nietquerschnitte nicht gleichmäßig belastet werden — die äußeren mehr, die inneren weniger —, empfiehlt, den Wert *k_n* für die

einreihige Überlappungs-nietung auf höchstens	700 kg/qcm
zweireihige	650
dreireihige	600
einreihige Laschennietung	600
zweireihige	575
dreireihige	550

zu ermäßigen.

b) Die Vernietungsarten.

Es folgen nun die einzelnen Vernietungen mit Angabe der Bachschen Formeln, jedoch sind die berechneten Nietlochdurchmesser in den Zahlentafeln so abgestuft, daß sich ungerade Zahlen für dieselben ergeben. Dadurch verringert sich für die Werkstatt die Zahl der auf Lager zu haltenden Nietsorten, deren Durchmesser infolgedessen nur nach geraden Zahlen abgestuft sind.

Überlappungs-nietungen.

$$d = \sqrt{5s} - 0,4 \text{ cm}, \tag{77}$$

$$e = 1,5 d,$$

$$\varphi = \frac{t - d}{t}$$

α) Einreihige Überlappungs-nietung.

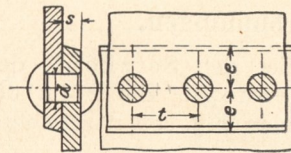


Fig. 372.

$$t = 2d + 0,8 \text{ cm}, \tag{78}$$

$$k_n = 700 \text{ kg/qcm},$$

$$n = 1.$$

Zahlentafel Nr. 64.

s { von . . mm bis . . mm	7	8	10	12	14	16	18
	8	10	12	14	16	18	20
d . . . mm	15	17	19	21	23	25	27
q . . . qcm	1,77	2,27	2,84	3,46	4,15	4,91	5,73
t . . . mm	38	42	46	50	54	58	62
φ	0,61	0,595	0,59	0,585	0,575	0,57	0,565

β) Zweireihige Überlappungs-nietung.

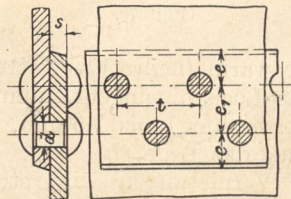


Fig. 373.

$$t = 2,6d + 1,5 \text{ cm}, \tag{79}$$

$$e_1 = 0,6 t,$$

$$k_n = 650 \text{ kg/qcm},$$

$$n = 2.$$

Zahlentafel Nr. 65.

s { von mm bis mm	8	10	12	14	16	18	20	23	26
	10	12	14	16	18	20	23	26	
d . . mm	17	19	21	23	25	27	29	31	
q . . qcm	2,27	2,84	3,46	4,15	4,91	5,73	6,61	7,55	
t . . mm	59	64	70	75	80	85	90	96	
φ	0,712	0,704	0,70	0,693	0,688	0,683	0,678	0,677	

γ) Dreireihige Überlappungsniertung.

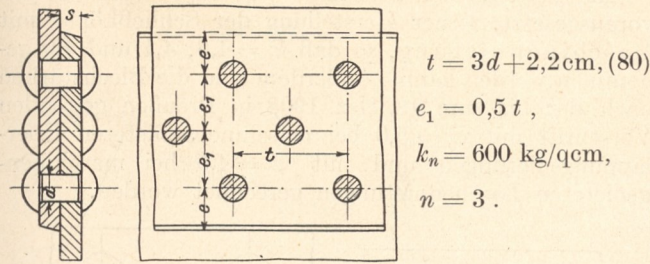


Fig. 374.

$$t = 3d + 2,2 \text{ cm, (80)}$$

$$e_1 = 0,5 t,$$

$$k_n = 600 \text{ kg/qcm,}$$

$$n = 3.$$

Zahlentafel Nr. 66.

s { von . mm	16	18	20	23	26	29
{ bis . mm	18	20	23	26	29	32
d . . . mm	25	27	29	31	33	35
q . . . qcm	4,91	5,73	6,61	7,55	8,55	9,6
t . . . mm	97	103	109	115	121	127
φ	0,742	0,736	0,733	0,73	0,728	0,724

Laschennietungen.

$$s_1 = \frac{5}{8} s \text{ bis } 0,8 s, \quad e = 1,5 d.$$

δ) Einreihige Laschennietung.

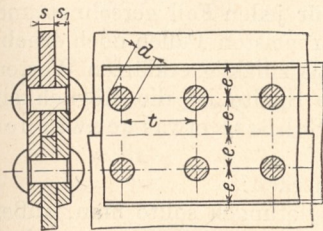


Fig. 375.

$$d = \sqrt{5} s - 0,5 \text{ cm, (81)}$$

$$t = 2,6 d + 1,0 \text{ cm, (82)}$$

$$k_n = 600 \text{ kg/qcm,}$$

$$n = 2,$$

$$\varphi = \frac{t - d}{t}.$$

Zahlentafel Nr. 67.

s { von . mm	7	9	11	12	14,5	17	19
{ bis . mm	9	11	12	14,5	17	19	22
d . . . mm	15	17	19	21	23	25	27
q . . . qcm	1,77	2,27	2,84	3,46	4,15	4,91	5,73
t . . . mm	49	54	59	65	70	75	80
φ	0,695	0,686	0,68	0,677	0,67	0,667	0,66

ε) Zweireihige Laschennietung.

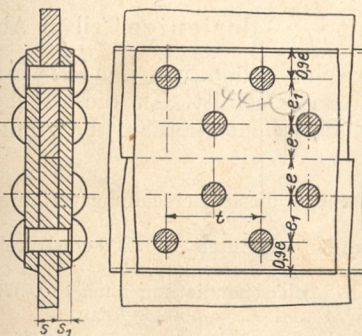


Fig. 376.

$$d = \sqrt{5} s - 0,6 \text{ cm, (83)}$$

$$t = 3,5 d + 1,5 \text{ cm, (84)}$$

$$e_1 = 0,5 t,$$

$$k_n = 575 \text{ kg/qcm,}$$

$$n = 4,$$

$$\varphi = \frac{t - d}{t}.$$

Zahlentafel Nr. 68.

s { von . mm	13	15,5	18	20,5	23	26
{ bis . mm	15,5	18	20,5	23	26	29
d . . . mm	21	23	25	27	29	31
q . . . qcm	3,46	4,15	4,91	5,73	6,61	7,55
t . . . mm	88	95	102	109	116	123
φ	0,762	0,758	0,755	0,752	0,75	0,746

ζ) Dreireihige Laschennietung.

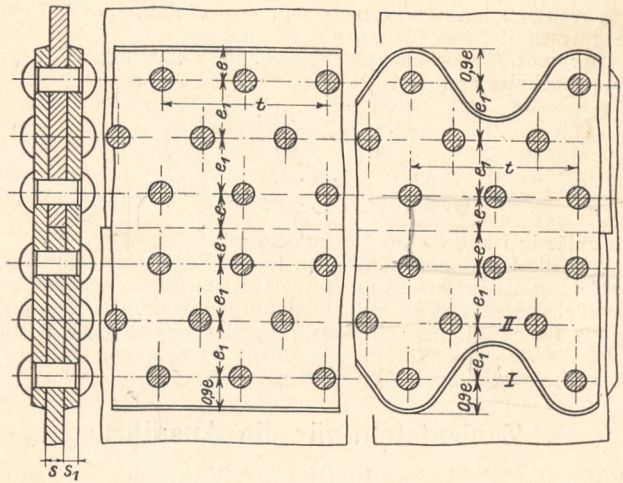


Fig. 377.

Fig. 378.

$$n = 12,$$

$$\varphi = \frac{t - 2d}{t},$$

$$n = 10,$$

$$\varphi_I = \frac{t - d}{t},$$

$$\varphi_{II} = \frac{5}{4} \cdot \frac{t - 2d}{t};$$

$$d = \sqrt{5} s - 0,7, \quad (85)$$

$$t = 6d + 2,0 \text{ cm,} \quad (86)$$

$$e_1 = \frac{3}{8} t,$$

$$k_n = 550 \text{ kg/qcm.}$$

Zahlentafel Nr. 69.

s { von . mm	20	22	24,5	27,5	30	34
{ bis . mm	22	24,5	27,5	30	34	36
d . . . mm	25	27	29	31	33	35
q . . . qcm	4,91	5,73	6,61	7,55	8,55	9,6
t . . . mm	170	182	194	206	218	230
φ (Fig. 377)	0,706	0,704	0,702	0,70	0,698	0,695
φ_{II} (Fig. 378)	0,848	0,844	0,842	0,84	0,838	0,835

Die Berechnung der Nietverbindungen erfolgt nun so, daß man zunächst mittels der Gl. (76) die Blechstärke bestimmt. Zu dem Zweck ist an Hand der Erfahrung oder durch Proberechnungen die Entscheidung über die Art der Nietverbindung zu treffen, von der die Größe des Faktors φ abhängt. Man nehme zunächst schätzungsweise einen der Werte φ der Zahlentafel an. Danach werden die Maße für d, t, e, e_1 ermittelt und geprüft, ob der zulässige spez. Gleitwiderstand k_n nicht überschritten ist.

Für φ gilt, wenn auf die Länge t in der betreffenden Reihe ein Niet kommt,

$$\varphi = \frac{\sigma_{zv}}{\sigma_z} = \frac{D p t}{2 s t} \cdot \frac{D p t}{2 s (t - d)} = \frac{t - d}{t} \quad (87)$$

Beispiel 23. Die Vernietung eines Kesselmantels von $D = 900$ mm Durchmesser für $p = 8$ at Überdruck ist zu berechnen.

Es werde einreihige Überlappungsniertung gewählt und vorläufig $\varphi = 0,57, K_z = 3600$ kg/qcm und $\mathcal{C} = 4,5$ angenommen.

Dann ist die Blechstärke

$$s = \frac{D \cdot p \cdot \mathcal{C}}{2 \varphi \cdot K_z} + 0,1 \text{ cm} = \frac{90 \cdot 8 \cdot 4,5}{2 \cdot 0,57 \cdot 3600} + 0,1 = 0,79 + 0,1 = 0,89 \text{ cm}$$

Dafür zunächst angenommen

$$s = 9 \text{ mm.}$$

Da man nun in der Zahlentafel 64 für $s = 9$ mm $\varphi = 0,595$ findet, so war dieser Wert zu gering angenommen. Eine Nachrechnung mit $\varphi = 0,595$ ergibt $s = 8,6$ mm; trotzdem wird man

meistens $s = 9$ mm ausführen, wenn nicht besondere Umstände die äußerste Ausnutzung des Baustoffes bedingen.

Für $s = 9$ mm findet man nun $d = 17$ mm, $q = 2,27$ qcm Nietquerschnitt, $t = 42$ mm, $e = 25$ mm.

Der spez. Gleitwiderstand σ_n bzw. die Belastung auf 1 qcm Nietquerschnitt ergibt sich aus:

$$n \cdot q \cdot \sigma_n = \frac{D \cdot p \cdot t}{2}$$

zu
$$\sigma_n = \frac{D p t}{2 \cdot n q} = \frac{90 \cdot 8 \cdot 4,2}{2 \cdot 1 \cdot 2,27} = 666 \text{ kg/qcm,}$$

was zulässig ist, da $k_n = 700$ kg/qcm ist.

Für die Rundnaht wählt man in der Regel eine schwächere Vernietung als für die Längsnaht, natürlich, schon aus Fabrikationsrücksichten, mit demselben Nietdurchmesser. Da hier schon für die Längsnaht die schwächste Vernietungsart gewählt war, so ist dieselbe auch für die Rundnaht zu nehmen, und es ist keine Nachrechnung mehr erforderlich.

D. Zahlentafeln für die Ausführung.

Für die Wahl einer bestimmten Vernietungsart sowie für die Bemessung von Nietdurchmesser und Teilung ist im allgemeinen maßgebend, daß unter Beachtung der gesetzlichen Anforderungen die Gesamtkosten für Bleche und Niete und für Arbeitslöhne möglichst gering werden.

Nun nimmt zwar, indem man von den schwächeren zu den stärkeren Vernietungsarten, z. B. von der zweireihigen zur dreireihigen Überlappungsnietsung, ansteigt, das Festigkeitsverhältnis φ zu und damit die erforderliche Blechstärke ab, dafür ist aber mehr Material für die Überlappung oder die Laschen aufzuwenden und eine größere Zahl von Nieten zu setzen.

Bleibt man aber bei derselben Vernietungsart und demselben Nietdurchmesser, so ist aus der Gleichung

$$\varphi = \frac{t-d}{t}$$

ersichtlich, daß man mit möglichst großer

Teilung zu geringen Blechdicken gelangt. Das Maximum für t würde sich aus der Forderung ergeben, daß die Beanspruchungen σ_z und σ_n die zulässigen Grenzen k_z und k_n erreichen, ersteres unter Berücksichtigung des Zuschlages von 1 mm zur Blechdicke. Es wäre also mit $s' = s - 0,1$ cm

$$s'(t-d) k_z = n \cdot q \cdot k_n,$$

und somit

$$t = \frac{n \cdot q \cdot k_n}{s' \cdot k_z} + d. \tag{88}$$

Im Beispiel 23 erhalten wir danach

$$t = \frac{1 \cdot 2,27 \cdot 700}{0,8 \cdot 800} + 1,7 \text{ cm} = 4,2 \text{ cm,}$$

welcher Wert mit demjenigen der Zahlentafel übereinstimmt.

Nach diesem Verfahren kann man jedoch im allgemeinen nicht rechnen, da die Rücksicht auf ein gutes Dichthalten der Nähte in der Regel eine engere Teilung erfordert.

Man gelangt aber dadurch zu günstigen Werten von φ , wenn man Nietbilder wählt, in denen die Abstände der einzelnen Niete jeder Reihe von innen nach außen zunehmen. Derartige Nietbilder findet man in mannigfacher Weise bei den Laschennietsungen von Schiffskesseln¹⁾ (Fig. 379 u. 380).

Folgende Zahlentafeln sollen nun in Anlehnung an praktische Ausführungen Werte geben, welche direkt für die Aufzeichnung von Vernietungen für die im Landdampfkesselbau am häufigsten vorkommenden Manteldurchmesser und Dampfdrücke verwendet werden können.

¹⁾ W. Mentz, Schiffskessel. R. Oldenbourg, München; H. Dieckhof, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 880.

Dazu sei allgemein folgendes bemerkt:

Als Material ist Flußeisen mit $K_z = 3600$ kg/qcm vorausgesetzt, ferner Herstellung der Schließköpfe mit Maschinennietsung, so daß $\mathfrak{S} = 4,5, 4,1$ und $4,0$ genommen werden kann. Außerdem sind die Blechstärken nach der bis zum 18. Dez. 1908 in Preußen geltenden Vorschrift mit $\mathfrak{S} = 5,0$ bei maschinengenietseten Überlappungsnietsungen und mit $\mathfrak{S} = 4,5$ bei maschinengenietseten Laschennietsungen gerechnet worden.

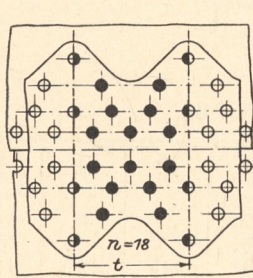


Fig. 379.

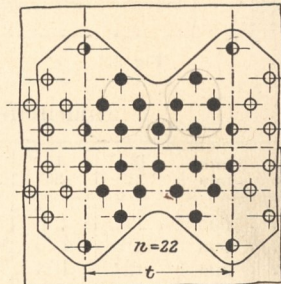


Fig. 380.

Für jeden Manteldurchmesser ist eine weiteste Teilung, die etwa der Bachschen Formel entspricht, und darunter eine engste Teilung verzeichnet; für die Praxis empfiehlt es sich, mit Mittelwerten zu rechnen. Zur Nachprüfung sind die entsprechenden Blech- und Nietbelastungen σ_z und σ_n für jeden Fall gerechnet und es findet sich, daß σ_n in den meisten Fällen noch erheblich unter den von Bach als zulässig erklärten Werten bleibt. In einer besonderen Spalte ist die Möglichkeit berücksichtigt, die engen Schüsse etwas schwächer als die weiten auszuführen.

Im einzelnen ist zu bemerken:

Einreihige Überlappungsnietsungen sollte man, außer bei Dommänteln, für Längsnähte möglichst vermeiden. Neben jedem Vernietungsbild sind zunächst die für dasselbe gültigen Formeln und Berechnungsdaten angegeben sowie die Zahlentafeln für s, d, q und t wiederholt.

Bei den Laschennietsungen gibt man zweckmäßig der inneren Lasche eine Nietreihe mehr als der äußeren.

Bei den Vernietungen, welche in den äußeren Nietreihen einen größeren Abstand der Nietlöcher voneinander als in den inneren Reihen aufweisen, kann zwar die äußere Reihe nicht ohne weiteres als maßgebend für φ angesehen werden, da die nächstinnere eine größere Schwächung erfährt; aber es kann von der diese Naht beanspruchenden Zugkraft $\frac{D p t}{2}$ derjenige Teil in Ab-

zug gebracht werden, welcher schon von den Nieten der äußeren Reihe aufgenommen ist. Auf diese Weise ist zunächst zu untersuchen, welche Nietnaht die größte Beanspruchung erfährt.

Folgendes Beispiel 24 möge dieses Berechnungsverfahren erläutern:

Es ist die Längsnaht eines Kesselmantels von 200 cm Durchmesser und $p = 13$ at Überdruck zu berechnen.

Gewählt sei zweireihige Doppellaschennietsung nach Fig. 376, entsprechend $\varphi = 0,75$, $\mathfrak{S} = 4$ und $K_z = 3600$ kg/qcm.

Dann ist

$$s = \frac{D p \mathfrak{S}}{2 \varphi K_z} + 0,1 \text{ cm} = \frac{200 \cdot 13 \cdot 4}{2 \cdot 0,75 \cdot 3600} + 0,1 = 2,03 \text{ cm.}$$

Dafür gewählt: $s = 20,5$ mm.

Dazu aus der Tabelle Nr. 68 entnommen: $d = 25$ mm, $q = 4,91$ qmm und $t = 102$ mm, $n = 4$.

Demnach beträgt der Gleitwiderstand

$$\sigma_n = \frac{D p t}{2 n q} = \frac{200 \cdot 13 \cdot 10,2}{2 \cdot 4 \cdot 4,91} = 675 \text{ kg/qcm.}$$