

Ueber den Spannungszustand und die Festigkeit von Kehlnähten

Autor(en): **Höhn, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **99/100 (1932)**

Heft 21

PDF erstellt am: **05.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-45496>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Ueber den Spannungszustand und die Festigkeit von Kehlnähten. — Das Rheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt. — Das Bürgerhaus in der Schweiz. — Mitteilungen: Fortschritte im Bau von Hochspannungskabeln. Der Hafen von Southampton. Internationale Studienreise über Wohnungswesen. Die Berechnung rotie-

render Radscheiben mittels konischer Teilringe. Bergstrasse St. Maurice-Mex, Wallis. Behälterverkehr. Hafenbrücke von Sidney. Stahlskelettbauten. Deutsches Museum München. — Literatur: Das Bürgerhaus in der Schweiz. — Mitteilungen der Vereine: S. I. A.: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein.

Band 99

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 21

Ueber den Spannungszustand und die Festigkeit von Kehlnähten.¹⁾

Von E. HÖHN, Oberingenieur des Schweizerischen Vereins von Dampfkessel-Besitzern, Zürich.

(Schluss von Seite 260.)

6. Spannungszustand von Flankennähten bei Mitwirkung von Stirnnähten.

Wenn die Flacheisen nicht nur an den Flanken, sondern üblicherweise auch an den Stirnseiten mit dem Blech verschweisst sind, gemäss Abb. 13, wird der Spannungszustand sich gegenüber Abb. 1 ändern, die Stabspannung wird beim Laschenende rasch sinken, die Laschenspannung rasch steigen. Die Bezugsebene P_L rückt infolgedessen nach aussen (links), ebenfalls der Mindestwert der Verschiebungsgrösse Δa_2 . Da die Verschiebungsgrösse mit dem Abstand der betrachteten Stelle von der Bezugsebene wächst, wird der Höchstwert rechts (gegen die Fuge) grösser als der links; die Stirnnähte entlasten somit die Enden der Flankennähte.

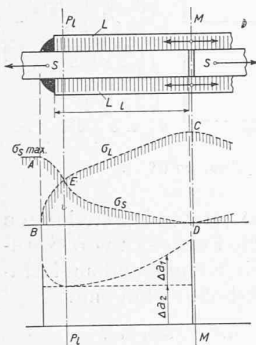


Abb. 13. Stab mit Fuge; Flacheisen in Stirn- und Flankennähten angeschweisst.

Experimentelle Untersuchung. Der Versuch wurde mit den Stäben 10 und 11 durchgeführt (vergl. Abb. 14 und 15). Der Rechnungsvorgang ist der frühere. In den

Gl. (13) und (17) sind neben den Flankennähten auch die Stirnnähte hinsichtlich der Haftflächen zu berücksichtigen ($4lh + 2bh$). Bei Stab 10 ist das eine Laschenende abgerundet, was weiter nichts auf sich hat. Die Rechnung ergibt

Abb. 14. Stab mit Trennfuge.

$$Q = 14,75 \text{ t}$$

$$\bar{\tau} = \frac{Q}{4lh + 2bh} = 364 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\max} = 800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\max} : \bar{\tau} = 2,2$$

Abb. 15. Stab vollwandig.

$$F_L \bar{\sigma}_L = 11,0 \text{ t}$$

$$\bar{\tau} = \frac{F_L \bar{\sigma}_L}{4hl + 2bh} = 238 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\max} = 414 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\max} : \bar{\tau} = 1,74$$

Der Vergleich entsprechender Abbildungen und Werte zeigt, dass das oben Gesagte zutrifft. Die Flankennähte sind an den äussersten Enden durch die Stirnnähte entlastet, deswegen steigen die Schubspannungen dort nicht an; dagegen ist, analog Abb. 1 u. 5, der Anstieg gegen die Fuge des Stabes hin umso grösser.

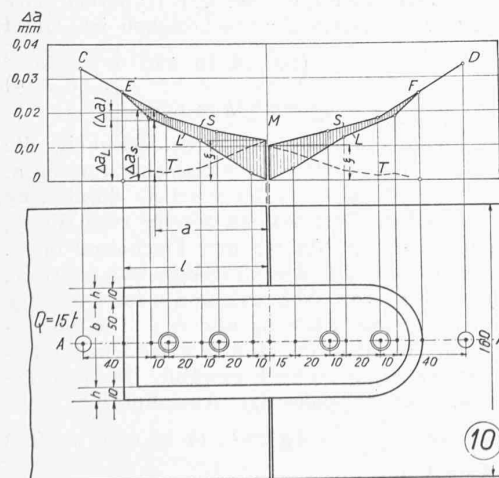
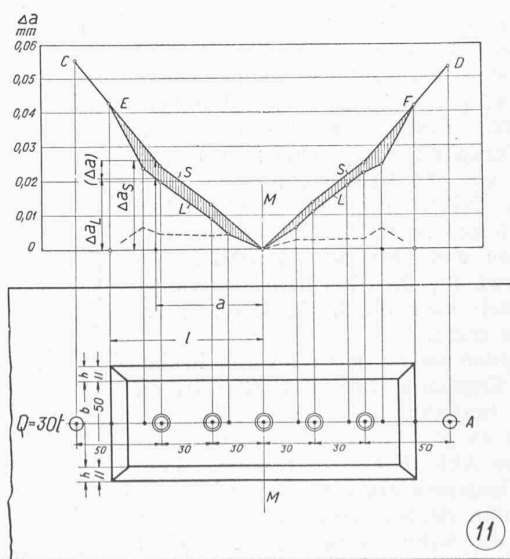


Abb. 14 und 15. Relative Verschiebungen bzw. Schubspannungen in Flankennähten, wobei die Stirnnähte mitwirken; bei einem Stab mit Trennfuge,



bei einem Vollwandstab.

Werden die Flankennähte an den Enden entlastet, so wäre zu folgern, dass die Stirnnähte von auf Bleche zu schweisenden Flacheisen möglichst kräftig zu halten sind, weil dann viele Kraftlinien aus dem Blech schon durch die Stirnnähte in die Laschen übergehen. Diese Annahme trifft zu, andererseits wird das Blech örtlich umso stärker beansprucht.

Bei Hohlkörpern, die gewissen Temperaturen ausgesetzt sind (Dampfkessel), so dass örtlich überspannte Stellen der Alterung unterworfen sind, wird man die Stirnnähte zur Vorsicht nur dünn schweiszen und ausserdem die Laschen, um Massenanhäufungen zu vermeiden, an den Enden ausspitzen (Abb. 16). Bei Verbindungen, die gewöhnlichen Temperaturen unterliegen, erübrigen sich diese Vorsichtsmassregeln.

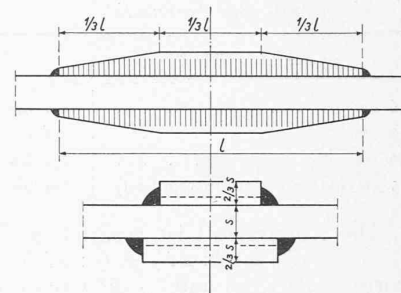


Abb. 16. Laschen mit ausgespitzten Enden.

7. Festigkeit von Stirn- und Flankennähten.

a) **Stirnnähte.** Abb. 17 zeigt einen Schnitt durch eine Kehlnaht, die eine Stirn- oder Flankennaht sein kann, der Photographie einer Aetzprobe entnommen. Der Blechrand ist senkrecht abgesetzt. Versuche des Verfassers im Jahre 1921 haben ergeben, dass den Nähten die grösste Festigkeit zukommt, bei denen die Schenkel einen Winkel von 90° bilden. Also dürfen die Blechränder nicht schief abgesetzt werden, wie dies hie und da ausgeführt wird. Seit dem Jahr 1923 hat der Verfasser elektrisch geschweisste Kehlnähte mehrfach auf ihre Festigkeit untersucht. Es sind Probestäbe mit Trennfugen, wie in Abb. 18 angegeben. Brachen bei der Prüfung die Nähte (nicht die Laschen), so konnte die mittlere Festigkeit der Stirn- und Flankennähte festgestellt werden.

Die Stirnnaht ist, wie schon in Abschnitt 5 erwähnt, auf Biegung und Schub beansprucht. Die Kraft sucht die Naht von der Unterlage abzureissen. Die zusammengesetzte (spezifische) Festigkeit der Stirnnaht sei mit „Abreissfestigkeit“ (K_s) bezeichnet; die in Tabelle I

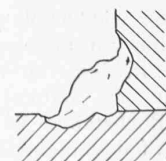
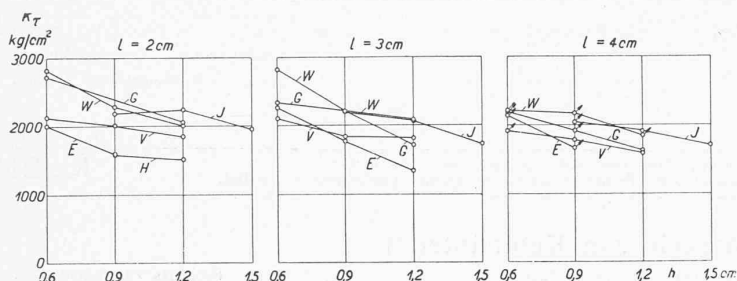


Abb. 17. Schnitt durch eine Stirnnaht mit vertikal abgesetztem Rand.

Abb. 20. Mittlere Schubfestigkeit K_τ der Flankennähte in Abhängigkeit von der Nahthöhe.

angegebenen Werte stellen Mittelwerte dieser Festigkeit dar. Sämtliche Nähte wurden mit umhüllten Elektroden geschweisst.

Tabelle I. Mittelwerte der Abreissfestigkeit K_δ (t/cm²) der Stirnnähte.

Nahthöhe h	K_δ
0,6 cm	2,7 bis 3,3 t/cm²
0,9 cm	2,2 bis 3,1 t/cm²
1,2 cm	2,0 bis 2,5 t/cm²
1,5 cm (unterer Wert extrapoliert)	1,4 bis 2,6 t/cm²

Die Abreisskraft ist ermittelt worden

$$K_\delta = Q : 2 F_S = Q : 2 h b$$

worin Q die Kraft und F_S die Grösse der Haftfläche einer Naht an der Stirnfläche bedeutet (nicht die Grösse der Bruchfläche, man vergleiche die spätere Begründung). Die Nahthöhe ist h , ihre Länge (Breite der Lasche) b . Die mittlere Abreissfestigkeit K_δ der Stirnnähte ist in Abb. 19 dargestellt.

b) Flankennähte. Die Flankennähte sind zur Hauptsache auf Schub beansprucht, die Festigkeit (spezifische Festigkeit) sei mit K_τ bezeichnet. Die Mittelwerte sind in Tabelle II zusammengestellt.

Tabelle II. Schubfestigkeit K_τ (t/cm²) bei Flankennähten.

Nahthöhe h	Halbe Laschenlänge l		
	$l = 2,0$ cm	$l = 3,0$ cm	$l = 4,0$ cm
0,6 cm . .	2,04 bis 2,86	2,12 bis 2,83	> 1,92 bis > 2,23
0,9 cm . .	1,60 bis 2,29	1,78 bis 2,22	> 1,67 bis > 2,18
1,2 cm . .	1,52 bis 2,24	1,34 bis 2,09	1,64 bis 1,92
1,5 cm*) . .	1,2 bis 1,95	1,2 bis 1,74	1,2 bis 1,72

*) Untere Werte extrapoliert.

Die Werte von K_τ berechnen sich aus

$$K_\tau = Q : 4 F_F = Q : 4 h l$$

worin F_F die Haftfläche der Naht bedeutet. Die Kraft Q wird durch vier Nähte von halber Flankenlänge aufgenommen mit der Gesamtfläche $4 h l$ ($2 l = L$, die ganze Laschenlänge). Es ist zu beachten, dass die mit > versehenen Werte nicht der Naht-Festigkeit entsprechen; in diesen Fällen sind die Laschen vor den Nähten gebrochen.

Die Festigkeit der Nähte ringsum geschweisster Laschen kann mit „Haftvermögen“ bezeichnet werden; dieses setzt sich zusammen aus Abreiss- und Schubfestigkeit. Es sei beiläufig erwähnt, dass bei den Mustern 73 bis 78 (Abb. 18) der Bruch quer durch die Laschen erfolgte, die Nähte brachen nicht.

Diese Versuche wurden später mit schweren Probestäben wiederholt⁹⁾, die Ergebnisse haben im allgemeinen die hier vorangegebenen bestätigt.

In den Abb. 19 und 20 sind die Ergebnisse der Versuche mit Stäben gemäss Abb. 18 graphisch aufgetragen. Die Buchstaben W usw. bedeuten einzelne Stabserien, die mit Pfeil versehenen Punkte deuten darauf hin, dass die Laschen brachen, nicht die Nähte, sodass die Festigkeit der letztgenannten höher einzuschätzen ist.

⁹⁾ E. Höhn, „Sicherung geschweisster Nähte“, Berlin, Julius Springer.

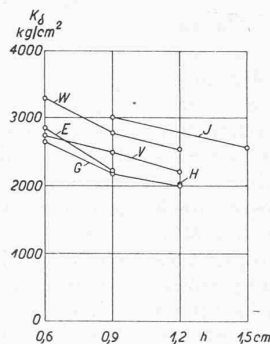
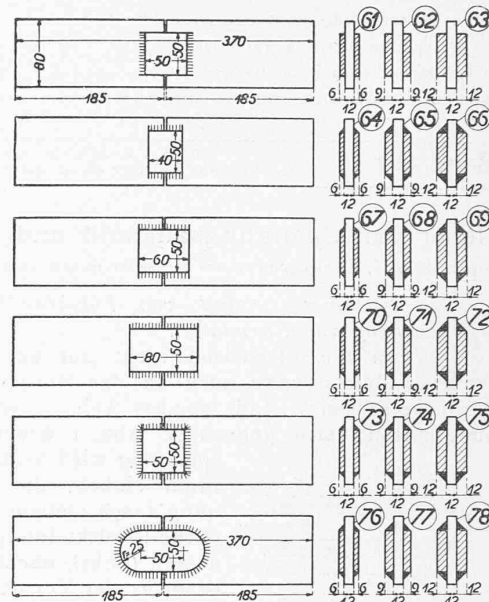
Abb. 19. Mittlere Abreissfestigkeit K_δ der Stirnnähte in Abhängigkeit von der Nahthöhe.

Abb. 18. Probestäbe mit Doppellaschen (1923).

Die Linienzüge dieser ersten Darstellungen lassen erkennen, dass die Festigkeit von Stirn- und Flankennähten mit zunehmendem Nahtquerschnitt (bzw. Nahthöhe) abnimmt.

8. Berechnung von Kehlnähten auf Festigkeit.

a) Stirnnähte. Wirken Normalspannungen in einer Richtung und gleichzeitig Schubspannungen, so ist die bekannte Gleichung der Festigkeitslehre

$$K = 0,35 \sigma + 0,65 \sqrt{\sigma^2 + 4 \tau^2} \quad (18)$$

anwendbar. Hierauf kann man sich leider nicht stützen, weil der Spannungszustand in einer Stirnnaht, im Querschnitt (Abb. 8) betrachtet, zweiaxig ist; die Richtungen sind x und z . Genau genommen ist er dreiaxig. Dies gilt für die Stirnnähte aller Konstruktionen, ganz besonders für den Behälterbau. Bis zur bessern theoretischen Abklärung kann die Festigkeit nur auf empirischem Weg eingeschätzt werden. Weil die Abreissfestigkeit (K_δ) der Naht mit zunehmender Nahthöhe (h) abnimmt, stellen wir, wie schon in Abb. 19 geschehen, beide in gegenseitiger Abhängigkeit dar, diesmal unter Benützung aller bekannten Werte (Abb. 21). Durch die Mittelwerte legen wir einen Bogen; er enthält für $h = 0$ den Punkt $K_\delta = 4000$ kg/cm². Für die Naht mit $h = 0$ verschwindet das Biegemoment $R r$ (Abb. 9). Als Mittelwert für reine Zugspannung kann nach vielen Feststellungen für die elektrische Schweißung eine solche von 4000 kg/cm² angenommen werden. Der Bogen ist ein Teil einer gleichseitigen Hyperbel. Ihre Gleichung, die auf verschobene Achse zu beziehen ist, lautet

$$\left. \begin{aligned} K_\delta &= 100 \frac{15h + 40}{h + 1} \text{ kg/cm}^2 \quad (h \text{ in cm}) \\ K_\delta &= \frac{15h + 400}{h + 10} \text{ kg/mm}^2 \quad (h \text{ in mm}) \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Mit den Formeln (19) kann die Bruchfestigkeit, die von einer Stirnnaht zu erwarten ist, eingeschätzt werden. Für die zulässige Spannung δ ist der Wert K_δ durch eine Sicherheitszahl zu teilen. Wir wählen hierfür zwei Werte, 5 für die doppelseitige Anordnung der Flacheisen bzw. Laschen (diese ist hinsichtlich der Unterlage symmetrisch, Fall A₁ der Zusammenfassung, Abb. 22), und 6 für einseitige und überlappte Anordnung (Fälle A₂ und A₃). Die Sicherheitszahlen sind im Hinblick auf eine gewisse Unzuverlässigkeit bei der Schweißung so hoch gewählt. Dann ist die zulässige Spannung für doppelseitige Anordnung

$$\delta_1 = 100 \frac{15h + 40}{5h + 5} \text{ kg/cm}^2 \quad (h \text{ in cm}) \quad (20)$$

für einseitige Anordnung

$$\delta_2 = 100 \frac{15h + 40}{6h + 6} \text{ kg/cm}^2 \quad (h \text{ in cm}) \quad (21)$$

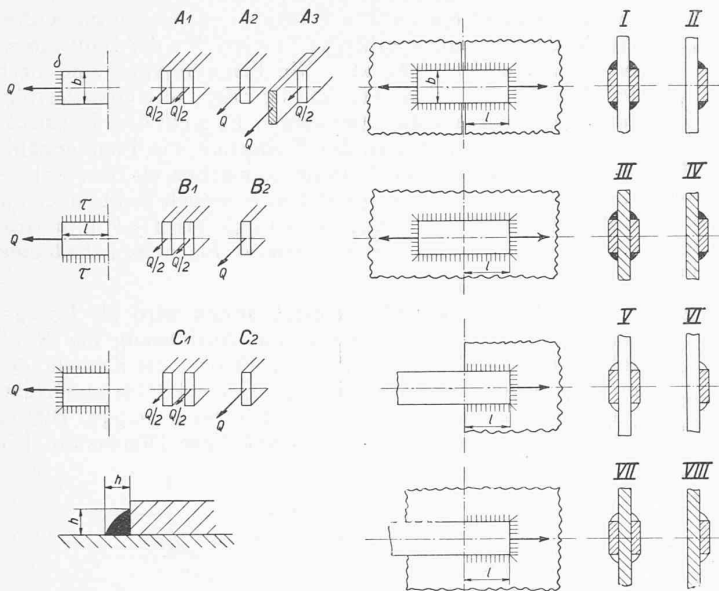


Abb. 22. Verschiedene Anordnungen aufgeschweisster Flacheisen; rechts verschiedene Fälle der Belastung von Laschen und Flacheisen.

Eine Stirnnaht kann die Kraft übertragen bei doppelseitiger Anordnung der Laschen

$$Q = 2 F_S \delta_1 \quad (\text{Fall } A_1 \text{ Abb. 22}) \quad (22)$$

bei einseitiger Anordnung der Lasche

$$Q = F_S \delta_2 \quad (\text{Fall } A_2 \text{ Abb. 22}) \quad (23)$$

bei überlappter Anordnung

$$Q = 2 F_S \delta_2 \quad (\text{Fall } A_3 \text{ Abb. 22}) \quad (23a)$$

Mit der Nahtbreite b und der Nahthöhe h ist $F_S = bh$. Als massgebende Grösse ist die Stirnfläche der Naht F_S gewählt worden, nicht jene der Bruchfläche. Ausführungen hierüber folgen im Nachtrag, Seite 266.

Es hat sich als praktisch erwiesen, die Höhe h nicht grösser als 12 mm, höchstens 15 mm zu wählen.

b) *Flankennahte*. Ich trage alle mir bekannten Werte von K_r (nicht nur jene der Tabelle II) in Funktion der Nahthöhe (h) in Abb. 23 auf. Mitten durch lege ich einen Bogen $K_r = 0,8 K_\delta$, wobei K_δ der Gl. (2) entspricht (Abb. 21). Kurve K_δ ist gestrichelt, K_r ist ausgezogen in Abb. 23. Dann wird die Beanspruchung mit fünf- bzw. sechsfacher Sicherheit für doppelseitige Anordnung (Fall B₁, Abb. 22)

$$\tau_1 = 100 \frac{15h + 40}{6,25h + 6,25} \quad \text{kg/cm}^2 \quad (h \text{ in cm}) \quad (24)$$

einseitige Anordnung (Fall B₂, Abb. 22)

$$\tau_2 = 100 \frac{15h + 40}{7,5h + 7,5} \quad \text{kg/cm}^2 \quad (h \text{ in cm}) \quad (25)$$

Es ist anzunehmen, dass die Flankennahte immer paarweise auftreten, auch wenn sie nur einseitig aufgeschweissten Flacheisen angehören.

Bei doppelseitiger Anordnung der Flacheisen und wenn Stirnnahte fehlen (Fall B₁ Abb. 22) ist

$$Q = 4 F_F \tau_1 = 4 l h \tau_1 \quad (26)$$

bei einseitiger Anordnung (Fall B₂ Abb. 22)

$$Q = 2 F_F \tau_2 = 2 l h \tau_2 \quad (27)$$

wenn unter l die halbe Laschenlänge bei symmetrischer Belastung der Laschen und der Unterlage (Fälle I bis IV, Abb. 22) oder die Länge der Flankennahte bei unsymmetrischer Belastung (Fälle V bis VIII, Abb. 22) verstanden wird. Diese Rechnung stützt sich auf die Flankenfläche $F_F = h l$, nicht auf die Bruchfläche (siehe Nachtrag).

c) *Kehlnahte ringsum geschweisster Flacheisen*. Für die Uebertragung von Kräften bzw. Spannungen an eine Unterlage wählt man meistens Flach- oder Profilleisen mit rechteckig beschnittenen Enden. Wir wollen bloss diese in den Kreis der Betrachtung ziehen. Bei doppelseitig aufgeschweissten Flacheisen werden die Kräfte im allgemeinen durch zwei Stirn- und vier Flankennahte aufgenommen (Fälle I, III, V, VII, Abb. 22). Durch Anwendung der Gl. (20) und (24) ist nachzurechnen, wie hoch die Spannungen δ und τ für die gewählte Nahthöhe ausfallen. Die Stirnbreite ist gewöhnlich gegeben, gesucht ist dann noch die Flankenlänge l , die bestimmt werden kann aus

$$Q = 2 F_S \delta_1 + 4 F_F \tau_1 = 2 b h \delta_1 + 4 l h \tau_1$$

oder, weil $\tau = 0,8 \delta$

$$Q = 2 \delta_1 h (b + 1,6 l) \quad (28)$$

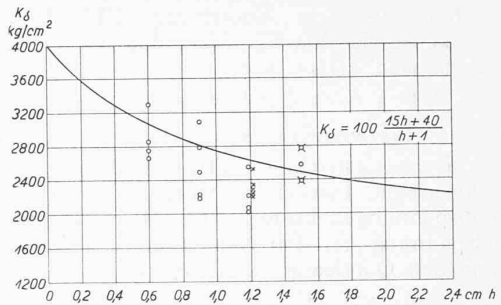


Abb. 21. Abreissfestigkeit K_δ der Stirnnahte in Abhängigkeit der Nahthöhe h bei symmetrischer Anordnung der Laschen. $\circ$ Stirnnahte von Doppellaschen (1923), $\square$ Stirnnahte von Doppellaschen (1924), $\times$ Ueberlappte Stirnnahte (1923).

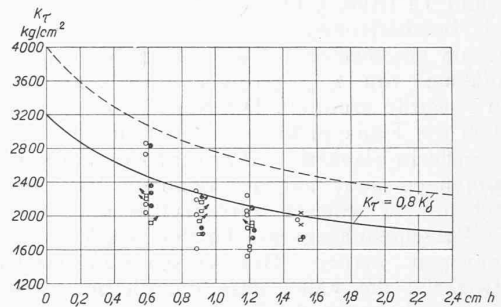


Abb. 23. Bruchfestigkeit der Flankennahte bei doppelseitiger Anordnung der Laschen. $\circ$ Versuche 1923, $l = 20$ mm, $\bullet$ $l = 30$ mm, $\square$ $l = 40$ mm, $\times$ Versuche 1924.

Tab. III. Formeln zur Berechnung der Kehlnahte angeordnet gemäss Abb. 22, links für Stirnnahte, rechts für Flankennahte.

Anordnung	Zulässige Abreissspannung (kg/cm ²) einer Stirnnaht mit der Nahthöhe h (cm)	Sicherheitsfaktor	Kraft (kg), übertragbar durch eine Stirnnaht von der Länge b (cm)	Anordnung	Zulässige Schubspannung (kg/cm ²) einer Flankennaht mit der Nahthöhe h (cm)	Sicherheitsfaktor	Kraft (kg), übertragbar durch 4 bez. 2 Flankennahte, jede von der Länge l (cm)
A ₁ beidseitig	$\delta_1 = 100 \frac{15h + 40}{5h + 5}$	5	$Q = 2 b h \delta_1$	B ₁ beidseitig	$\tau_1 = 100 \frac{15h + 40}{6,25h + 6,25}$	5	$Q = 4 l h \tau_1$
A ₂ einseitig	$\delta_2 = 100 \frac{15h + 40}{6h + 6}$	6	$Q = b h \delta_2$	B ₂ einseitig	$\tau_2 = 100 \frac{15h + 40}{7,5h + 7,5}$	6	$Q = 2 l h \tau_2$
A ₃ überlappt	wie δ_2	6	$Q = 2 b h \delta_2$				
C ₁ I III V VII beidseitig	Kraft übertragbar durch 2 Stirnnahte, jede mit der Länge b , und 4 Flankennahte, jede mit der Länge l	5	$Q = 2 \delta_1 h (b + 1,6 l)$	C ₂ II IV VI VIII	Kraft übertragbar durch 1 Stirnnaht mit der Länge b und 2 Flankennahte, jede mit der Länge l	6	$Q = \delta_2 h (b + 1,6 l)$

Bei einseitiger Anordnung (Fälle II, IV, VI, VIII, Abb. 22) ist die zulässige Spannung aus Gl. (21) und (25) zu bestimmen. Dann wird

$$Q = F_S \delta_2 + 2 F_F \tau_2 = \delta_2 h (b + 1,6 l) \quad (29)$$

9. Zusammenfassung.

Spannungszustand. Flankennähte von auf Blech geschweissten Flacheisen werden zur Hauptsache auf Schubspannungen beansprucht. Die allgemeine Annahme, die Spannung sei den Nähten entlang konstant, sie sei durch den Quotienten aus Last geteilt durch Haftfläche ausgedrückt, $\bar{\tau} = \frac{Q}{F_N}$ bzw. $\frac{F_L \bar{\sigma}_L}{F_N}$, trifft nicht zu; es zeigt sich vielmehr, dass die Spannungen gegen die Enden der Flankennähte ansteigen, sodass $\tau_{\max}$ ein Vielfaches dieses Quotienten erreicht, das 2,4- bis 3,2fache bei den Stäben 12 und 13 (Abb. 5 und 6). Diese Zahlen werden sich je nach Beschaffenheit der Stäbe und Nähte ändern. Bei ringsum geschweissten Flacheisen (Abb. 14 und 15) ist die Zunahme von $\tau_{\max}$ geringer, das 2,2- und 1,72fache von $\bar{\tau}$ wurde ermittelt. Die Stirnnähte entlasten in diesen Fällen die Flankennähte an den Enden.

Die in Flanken- und Stirnnähten auftretenden Schubspannungen sind auf die relativen Verschiebungen von Blech und Flacheisen zurückzuführen. Schubspannungen und Verschiebungsgrösse können als Verhältnisswerte angenommen werden. Der Verschiebungsmechanismus ist verwickelt; die Fälle, dass die Bleche durch Fugen getrennt sind, wobei die Flacheisen die Fugen überbrücken, und jene, dass die Flacheisen über volle Bleche geschweisst sind, sind auseinanderzuhalten. Werden Flacheisen auf Blech aufgeschweisst (z. B. Streben an Knotenbleche) und ist das Ganze belastet, so sind die Normalspannungen im Blech dem Wert nach verschieden von jenen in den Flacheisen. Die Unterschiede der Dehnungen beim einen oder andern Teil infolge des Hooke'schen Gesetzes haben relative Verschiebungen zur Folge. Diese, die sogen. „inneren relativen Verschiebungen“ (Δa_1) sind veränderlich. Die Verschiebungsgrösse Δa_1 verschwindet in der Symmetrieebene bei Stäben ohne Trennfuge, und in den Bezugsebenen bei Stäben mit Trennfuge. Die Bezugsebene ist der Schnitt durch die Stelle, in der σ_S (Stab) = σ_L (Lasche). Bei Stäben mit Trennfuge (nur bei diesen) kommt die „äussere relative Verschiebung“ Δa_2 hinzu, sodass die gesamte relative Verschiebung $\Delta a = \Delta a_1 + \Delta a_2$. Die äussere relative Verschiebung ist durch konstante Werte Δa_2 gekennzeichnet.

Festigkeit der Kehlnähte und ihre Berechnung. Der Verfasser hat elektrisch geschweisste Stirn- und Flankennähte wiederholt auf ihre Festigkeit geprüft. Die Ergebnisse einiger Versuche werden hiervor bekannt gegeben. Es hat sich gezeigt, dass die Festigkeit der Kehlnähte (sie wird „Abreissfestigkeit“ genannt und mit K_δ bezeichnet) mit zunehmender Nahthöhe bzw. mit zunehmendem Nahtquerschnitt zurückgeht. Die Gründe hierfür werden besprochen, die Festigkeit in Funktion der Nahthöhe empirisch bestimmt.

Für die Bestimmung der zulässigen Beanspruchungen δ gegen das Abreißen der Stirnnähte und τ bezügl. Schub der Flankennähte in Funktion der Nahthöhe h (cm), sowie der durch elektrisch geschweisste Kehlnähte übertragbaren Kräfte Q (kg) wurden die in Tabelle III zusammengestellten Formeln vorgeschlagen. Diese nehmen auf die in Abb. 22 gezeichneten Fälle Bezug und sind hauptsächlich auf Eisenkonstruktionen anwendbar. Die Versuche, auf die sich die Formeln stützen, wurden mit Nähten vorgenommen, die mit umhüllten Elektroden hergestellt wurden.

In der Regel ist Q gegeben, auch die Breite b des Flacheisens. Dann bleiben die Nahthöhe h und die Länge l der Flankennähte gegeneinander abzuwägen. Der Zeitaufwand hierfür ist gering, wenn man für die Werte $\delta = f(h)$ eine Tabelle oder graphische Darstellungen entsprechend den Abb. 21 und 23 zur Hand hat. Eine Nahthöhe h von 12 mm ist reichlich, über 15 mm sollte man nicht hinausgehen; die Teile der Naht, die im Scheitel des

auszuschweisenden rechten Winkels liegen, sind die widerstandsfähigsten, die spezifische Festigkeit einer Naht nimmt mit zunehmender Höhe ab. Die Flankennähte sind nach der Ansicht des Verfassers für die Festigkeit einer Verbindung wichtiger als die Stirnnähte. Es steht dem Konstrukteur frei, zur Vermehrung der Sicherheit die Flankennähte für eine gewählte Höhe h länger zu machen als durch obige Formeln gegeben; es empfiehlt sich jedoch nicht, über die praktisch bewährte Grenze $l = 1,25b$ bis $1,5b$ hinauszugehen, worin b die Breite mittlerer Flacheisen bedeutet.

10. Nachtrag.

In den vorliegenden Ausführungen wird als Bezugsdimension für die Berechnung und Ausführung der Kehlnähte die Höhe h (gemäss Abb. 24, Profil 1 die Kathete des ein gleichschenkliges rechtwinkliges Dreieck bildenden Nahtquerschnittes) gewählt. Die VSM-Normen 10335, Blätter 1 bis 5, beziehen sich ebenfalls auf diese Dimension. Die

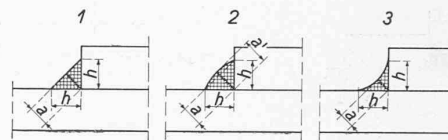


Abb. 24. Kehlnähte mit verschiedenem Profil.

Wahl der Höhe h rechtfertigt sich dadurch, dass sie am Stück leicht abgemessen oder für die Ausführung angezeichnet werden kann, was von grösster Wichtigkeit für die Praxis ist. Die DIN-Normen 4100 benützen dagegen als Bezugsdimension das Mass a (Abb. 24), d. h. die eingeschriebene Höhe des schraffierten gleichschenkligen Dreiecks. Das konvexe Nahtprofil 3 (Abb. 24) ist in den VSM-Normen nicht vorgemerkt. Die konkave Form sollte überhaupt aus der Darstellung der Nähte ausgemerzt werden. Die Nähte sind in der Längsrichtung der Flacheisen beansprucht, daher ist das konvexe Profil (2 der Abb. 24) das richtige wegen seiner Form, die jener gleicher Festigkeit eines auf Biegung beanspruchten Balkens nahe kommt.

Das Rheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt.

Mitgeteilt von der MOTOR-COLUMBUS

A.-G. für elektrische Unternehmungen in Baden (Schweiz).

VI. DIE TURBINEN.

(Fortsetzung von Seite 244.)

Allgemeine Anordnung.

Die vier Turbinen sind von den Firmen J. M. Voith in Heidenheim, A.-G. der Maschinenfabriken Escher Wyss & Cie. in Zürich und Ravensburg, sowie Ateliers des Charmilles S. A. in Genf nach einem gemeinschaftlichen Entwurf gebaut worden. Es sind Kaplanmaschinen mit senkrechter Welle zum Einbau in Betonspiralengehäuse für eine normale Betriebswassermenge von 250 m³/sec bei 75 Uml/min und für eine Leistung, die je nach Gefälle 20000 bis 35800 PS beträgt, und die bei 120 prozentiger Oeffnung des Leitapparates, also bei Ueberlastung der Turbine, bis 38700 PS gesteigert werden kann. Diese Turbinen stellen eine mit Kaplanmaschinen bis jetzt auch nicht annähernd erreichte konstruktive Leistung im Turbinenbau dar; es ist deshalb begreiflich, dass die Bewältigung der mechanischen und hydraulischen Verhältnisse nicht geringe Schwierigkeiten bot. Das restlose Gelingen dieser Maschinen hat der Kaplanmaschine das Gebiet des Gross-Turbinenbaues erobert und die seit längerer Zeit erstrebte wirtschaftlichere Ausnützung von Wasserkraften mit grosser Wassermenge in Niederdruckwerken mit Hilfe weniger grosser Maschineneinheiten wesentlich gefördert.

Bei solch grossen Maschineneinheiten ist es wichtig, dass bei allfälligen Reparaturen durch die Demontage und Montage einer Maschinengruppe nur wenig Zeit verloren geht, weshalb verlangt war, dass für das Herausheben des Generatorrotors und des Turbinenrotors mit Deckel die Maschinengruppe in nur wenigen, wenn auch schwere Teile