Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 6 (1960)

Rubrik: IIa. Welding

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

IIa1

Beitrag zur Berechnung von Kehlnähten, die von Scher- und Normalkräften beansprucht werden

Contribution to the Calculation of Fillet Welds Subjected to Longitudinal Stresses and to Shear

Contribution au calcul des cordons d'angle sollicités par des contraintes longitudinales et par des cisaillements

F. FALTUS
Prof. Ing. Dr., Dr. Sc., Prag

In seinem Beitrag [1]) versuchte der Autor zu zeigen, daß die Tragfähigkeit von Kehlnähten wesentlich von der Beanspruchung der Teile abhängt, die sie verbinden. Zum Nachweis wurden Zerreißversuche mit überlappt geschweißten Probekörpern ausgeführt. Die Ergebnisse zweier Versuchsreihen mit verschiedenem Grundmaterial bestätigten zwar die Überlegungen, die Streuung war jedoch ziemlich groß.

Es wurden daher mit großer Sorgfalt weitere Probekörper geschweißt. Verwendet wurden Bleche von 20 und 30 mm Stärke und verschiedener Breite. Die Überlappungslänge war in allen Fällen $l = 10\,a$. Die Schweißnahttiefe war $t = 2$ bzw. $t = 3$ mm.

In dem Diagramm Fig. 1 ist die Vergleichsspannung σ_s in der Schweißnaht als Funktion der Längsspannung $\sigma_{\parallel}$ aufgetragen. Es ist $\sigma_{s\,\mathrm{I}}$ die Vergleichsspannung ohne Berücksichtigung und $\sigma_{s\,\mathrm{II}}$ diejenige mit Berücksichtigung der Längsspannung $\sigma_{\parallel}$. — Der Berechnung wurden die an den einzelnen Probestücken durch Messung festgestellten durchschnittlichen Größen a, b und t zugrundegelegt. Dies ist insbesonders wichtig für die Schweißnahttiefe t, da diese bei Handschweißung nach der eingehaltenen Lichtbogenlänge schwankt.

Zu den im Vorbericht angeführten Formeln ist hinzuzufügen, daß l die Überlappungslänge (hier $l = 10\,a$) und c die wirkliche Länge der Schweißnaht, $c = \sqrt{l^2 + a^2}$, bedeuten.

---

[1]) Siehe „Vorbericht" IIa1, Seite 239.

Die neuen Ergebnisse bestätigen die früher gemachten Ausführungen und weisen darauf hin, daß bei der Festigkeitsprüfung von Schweißverbindungen darauf geachtet werden muß, daß im Augenblicke des Bruches der Schweißnaht auch das Grundmaterial nahe an der Grenze seiner Tragfähigkeit ist, wenn nicht größere Festigkeiten vorgetäuscht werden sollen. Der Unterschied beträgt immerhin mehr als 15 %.

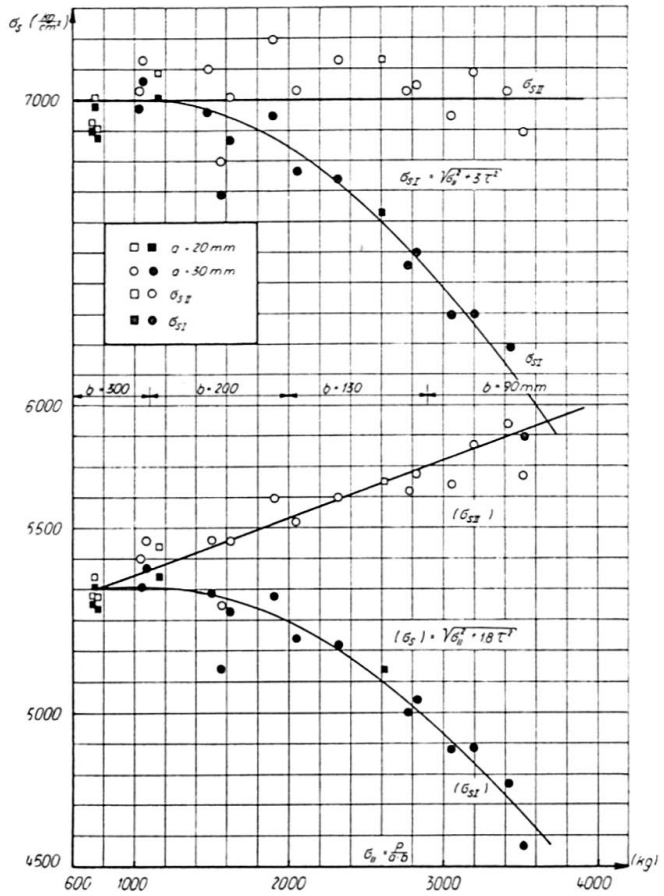

Fig. 1.

Es soll noch auf die große Festigkeit der Schweißnähte kleinen Querschnittes, die mit basischen Elektroden ausgeführt wurden, hingewiesen werden. Eine Abstufung der zulässigen Beanspruchung nach der Stärke von Kehlnähten scheint jedenfalls wünschenswert.

Gemäß der Anregung von Prof. Louis sind in dem Diagramm auch die Werte eingetragen, die man bei der Berechnung der Vergleichsspannung nach der ISO-Formel $(\sigma_s) = \sqrt{\sigma^2 + 1{,}8\,\tau^2}$ für die Berechnung von Kehlnähten erhält. Es ist $(\sigma_{s\,\mathrm{I}})$ die Vergleichsspannung ohne Berücksichtigung der Längsspannungen $\sigma_{\parallel}$, $(\sigma_{s\,\mathrm{II}})$ mit deren Berücksichtigung.

Ein Grund dafür, daß in $\sigma_s = \sqrt{\sigma^2 + n\,\tau^2}$ für Kehlnähte der kleine Wert $n = 1{,}8$ erscheint, ist z. T. auch darin zu suchen, daß bei der Berechnung der

Kehlnähte mit dem theoretischen Querschnitt gerechnet wird, während zufolge des Einbrandes der Querschnitt größer und das wirkliche τ kleiner ist. Die Spannung $\sigma_{\parallel}$ wird von der Querschnittsgröße nicht beeinflußt. Bei unseren Versuchen wurde der Querschnitt direkt gemessen, es scheint daher die Wahl eines Faktors $n > 1{,}8$ korrekter.

Zusammenfassung

Als Nachtrag zur gleichnamigen Veröffentlichung im «Vorbericht», Seite 239, werden hier noch die Ergebnisse weiterer Zerreißversuche mit überlappt geschweißten Probekörpern mitgeteilt. Die Ergebnisse bestätigen die früher gemachten Ausführungen.

Weiterhin wird auf die große Festigkeit der Schweißnähte kleinen Querschnittes, die mit basischen Elektroden ausgeführt wurden, hingewiesen. Eine Abstufung der zul. Beanspruchung mit der Dicke von Kehlnähten scheint wünschenswert.

Summary

As an addendum to his contribution in the "Preliminary Publication", page 239, the author is desirous of reporting the results of further tests to failure carried out on lap-welded test pieces. These results confirm the author's previous conclusions.

The author also draws attention to the high strength of fillets of small dimensions deposited with basic-coated electrodes. It would seem advisable to allow the permissible stresses in fillet welds to vary with their thickness.

Résumé

En complément à sa contribution parue dans la «Publication Préliminaire», page 239, l'auteur expose encore les résultats d'essais ultérieurs de rupture, effectués sur des éprouvettes soudées par recouvrement. Ces résultats confirment les conclusions déjà présentées.

L'auteur attire encore l'attention sur la résistance élevée des cordons de faibles dimensions, déposés avec des électrodes à enrobage basique. Il paraît souhaitable de faire varier les contraintes admissibles des cordons d'angle en fonction de leur épaisseur.

Leere Seite
Blank page
Page vide

IIa2

Discussion - Diskussion - Discussion

Die Wirtschaftlichkeit der Ausführungsqualität bei geschweißten Stahlbrücken (D. C. C. Dixon, IIa4) [1])

Qualitätskontrolle bei der Herstellung von geschweißten Stahlbrücken (J. D. Thompson, IIa6) [2])

The Economics of Quality in the Fabrication of Welded Steel Bridges (D. C. C. Dixon, IIa4) [1])

Control of Quality in the Fabrication of Welded Steel Bridges (J. D. Thompson, IIa6) [2])

Economie et qualité dans la fabrication des ponts métalliques soudés (D. C. C. Dixon, IIa4) [1])

Contrôles de qualité dans la construction des ponts métalliques soudés (J. D. Thompson, IIa6) [2])

F. FALTUS
Prof. Ing. Dr., Dr. Sc., Prag

In diesen Beiträgen, die sich glücklich ergänzen, wird in dankenswerter Weise eine Übersicht über die Ausführung und die Kosten der Kontrolle geschweißter Stahlbrücken gegeben.

Die Ausführungen gelten natürlich auch für andere wichtige und hochbeanspruchte Konstruktionen. Wie Ch. Dubas in seiner Arbeit «Quelques aspects de l'influence exercée par la grosse chaudronnerie sur la charpente métallique soudée en Suisse» zeigt, ist der Fragenkomplex auch im Kesselbau und Druckbehälterbau ähnlich, nur daß dort noch die große Variabilität des Materials vom Kohlenstoffstahl bis zu den hochlegierten Stählen erschwerend

---

[1]) Siehe «Vorbericht» — see "Preliminary Publication" — voir «Publication Préliminaire», p. 267.

[2]) Siehe «Vorbericht» — see "Preliminary Publication" — voir «Publication Préliminaire», p. 297.

hinzutritt. Qualitätsarbeit macht sich bezahlt und eine strenge Kontrolle ist notwendig.

Es ist jedoch ebenso wichtig oder vielleicht noch wichtiger, die Voraussetzungen für eine einwandfreie Arbeit der Schweißer zu schaffen. Hiezu gehören vor allem gutes Anlernen und Prüfen der Schweißer selbst, Kontrolle der Elektroden, des Schweißpulvers und der gesamten Einrichtung und natürlich auch die Wahl und Abnahme des Grundmaterials.

Die wichtigste Kontrolle ist, nach meiner Erfahrung, die Kontrolle der Konstruktion im gehefteten, zum Schweißen vorbereiteten Zustand. In diesem Zeitpunkt kann man am einfachsten und zuverlässigsten feststellen, wie die Vorbereitung der Schweißfugen den Anforderungen entspricht.

Für Handschweißung können größere Abweichungen von den Sollmaßen der Schweißnahtfugen zugelassen werden als bei Unterpulverschweißung. Das leistungsfähigste Schweißverfahren, die Unterschlackenschweißung, stellt nur sehr geringe Anforderungen an die Genauigkeit der Schweißnahtfugenvorbereitung. Für Handschweißung ist die Vorbereitung der Schweißkanten mit maschinellen Schneidbrennern in den meisten Fällen zulässig. Es kann jedoch von Wichtigkeit sein, gewisse Kanten spanabhebend zu bearbeiten, um für den Zusammenbau eine genaue und verläßliche Bezugslinie zu schaffen.

Wenn das Schweißverfahren erprobt ist und der Schweißparameter und der Schweißplan verläßlich eingehalten werden, scheint eine 100%ige Röntgenkontrolle überflüssig. Dies um so mehr, als die Röntgen- oder Gammaaufnahmen die schwerwiegendsten Fehler, d. i. mangelnden Einbrand und feine Risse, nur in seltenen Fällen aufdecken.

Ein sehr geeignetes Mittel, Schrumpfungen und Schrumpfspannungen gering zu halten, ist die Unterteilung der Konstruktion in Untergruppen, die mit kleinen Schweißspannungen und unschädlichen oder leicht zu behebenden Deformationen geschweißt werden können. Beim Zusammenbau der ausgerichteten Untergruppen zur ganzen Konstruktion sind dann nur wenige Schweißnähte zu legen, die nur kleine zusätzliche Spannungen und Verzerrungen verursachen.

Eine wichtige Voraussetzung für die Einhaltung ausgeklügelter Schweißpläne ist die Anwendung von Drehvorrichtungen, die das notwendige Wenden der Stücke erleichtern.

Ich stimme Herrn Thompson zu, daß das Richten durch Anwärmen nur ausnahmsweise angewandt werden soll. Dies soll jedoch nicht bedeuten, daß ein sachgemäßes Richten mit der Flamme eine Verminderung der Sicherheit der Konstruktion mit sich bringt. Man kann einwandfrei auch Konstruktionen aus Stählen großer Festigkeit mit der Flamme richten.

Es kann nicht genügend betont werden, daß die Sicherheit, die Qualität und die Kosten des Bauwerkes in ausschlaggebender Weise von dem Entwurf der Konstruktion und deren Details abhängen.

Der Entwurf, die Berechnung und Ausbildung, die Materialqualität und

die Fertigung geschweißter Bauwerke bilden ein untrennbares Ganzes. Das schwächste dieser Glieder bestimmt die Festigkeit der Kette. Es ist kaum möglich, alle diese Glieder in einer Hand zu vereinigen; es ist jedoch zu wünschen, daß jeder der Partner möglichst viel Verständnis für das Arbeitsgebiet des anderen hat.

Zusammenfassung

In den Beiträgen IIa 4 und IIa 6 wurde eine Übersicht über die Ausführung und die Kosten der Kontrolle geschweißter Konstruktionen gegeben. Nach meinen Erfahrungen scheint mir, natürlich neben der Kontrolle des Materials, der Elektroden und des Schweißpulvers, am wichtigsten die Kontrolle der Konstruktion im gehefteten, zum Schweißen vorbereiteten Zustand.

Es kann nicht genügend betont werden, daß die Sicherheit, die Qualität und die Kosten des Bauwerkes in hervorragendem Maße von dem Entwurf und den Details der Konstruktion abhängen, so daß von den Konstrukteuren eine gründliche Kenntnis der Technologie der Fertigung verlangt werden muß.

Summary

The papers IIa 4 and IIa 6 give a survey of the methods and cost of inspection of welded constructions. Apart from the control of the materials, the electrodes and the protective powder, the author considers, from the experience he has acquired, that the inspection of the work, marked out and ready for welding, is the most important control.

It is impossible to overemphasise the effect of the design and the structural details on the safety, the quality and the cost of a structure. Designers should therefore have a thorough knowledge of the technology of welding.

Résumé

Les mémoires IIa 4 et IIa 6 donnent un aperçu de la réalisation et du coût du contrôle des constructions soudées. A part le contrôle des matériaux, des électrodes et de la poudre de protection, c'est le contrôle de la pièce pointée, prête au soudage, qui paraît le plus important à l'auteur, d'après les expériences qu'il a acquises.

On ne peut souligner assez l'influence de la conception et des détails constructifs sur la sécurité, la qualité et le coût d'un ouvrage. Ainsi les constructeurs devront connaître à fond la technologie de la fabrication.

Leere Seite
Blank page
Page vide

IIa3

Contribution au calcul des cordons d'angle sollicités par des contraintes longitudinales et par cisaillement

Beitrag zur Berechnung von Kehlnähten, die von Schub- und Längsspannungen beansprucht werden

Contribution to the Calculation of Fillet Welds Subjected to Longitudinal and Shearing Stresses

H. LOUIS P. GUIAUX
Professeur et Répétiteur à l'Université de Liège

Les Laboratoires d'Essais des Constructions du Génie Civil de l'Université de Liège ont procédé, en 1957—1958, à des essais sur des poutres composées soudées sollicitées par flexion. Le profil de ces poutres est donné à la fig. 1.

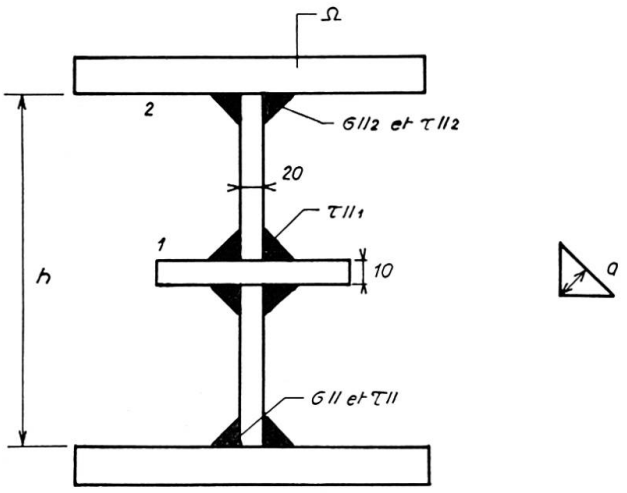

Fig. 1. Profil des poutres d'essai.

Les cordons d'angle (1) situés à mi-hauteur de l'âme sont pratiquement soumis à une tension de cisaillement $\tau_{\parallel}$. Les cordons (2) reliant les semelles à l'âme sont à la fois sollicités par une tension de flexion $\sigma_{\parallel}$ et par une tension de cisaillement $\tau_{\parallel}$. Les dimensions des cordons de soudure sont telles que la tension $\tau_{\parallel}$ est la même pour les cordons 1 et 2.

Les dimensions des cordons et des éléments constituant les poutres sont

déterminées pour que la rupture des cordons ait lieu avant l'entrée en plasticité de l'acier de base, de la nuance 52—62 kg/mm². Les cordons de soudure sont exécutés manuellement avec des électrodes ordinaires et de manière à obtenir une pénétration normale aussi constante que possible. Ils ne sont pas recuits et ils sont usinés afin de réaliser la dimension nominale calculée; des précautions sont prises en vue d'éviter, au cours de l'essai, le déversement de la poutre ainsi que le voilement de l'âme et de la semelle comprimée. Les épaisseurs de gorge des cordons 1 et 2 sont respectivement égales à 5 et à 4 millimètres.

Dans les deux poutres, la rupture est survenue en premier lieu dans les cordons de semelles. La fig. 2 montre un détail de la fissure du cordon de la semelle inférieure dans la zone voisine d'un appui, on y observe un refoule-

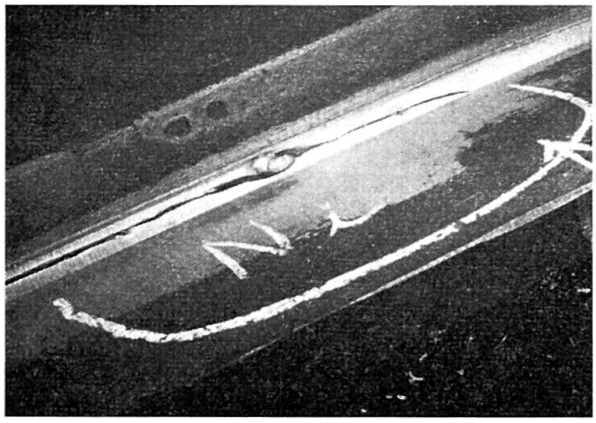

Fig. 2. Rupture du cordon de la semelle inférieure dans la région voisine d'un appui.

Fig. 3. Rupture dans les cordons d'âme et de semelles.

ment du cordon à peu de distance de l'extrémité de la fissure qui s'y propage obliquement. La fig. 3 montre nettement le décalage dans le temps de la rupture des cordons d'âme et de la rupture des cordons de semelle: les glissements des cordons de semelles, particulièrement importants (bas de la figure) ont donné lieu à un refoulement de matière appréciable tandis que le glissement et le refoulement des cordons centraux d'âme sont à peine amorcés, ceci montre nettement que les cordons de semelle se sont rompus en premier lieu.

Ces essais ne permettent pas d'aboutir à une conclusion certaine quant à l'influence d'une tension normale sur la rupture des cordons, toutefois les deux poutres se sont comportées, compte tenu des dimensions mesurées mais non réalisées avec certitude (la pénétration n'a été observée que dans une seule section), comme si la tension normale exerçait une influence sur la rupture des cordons d'angle dont le calcul semble devoir être fait en appliquant un critère de la forme

$$\sqrt{\sigma^2 + k\,\tau^2} \leqq R_{traction}$$

dans lequel le coefficient k est inférieur à 3.

Les essais ingénieux et fertiles en enseignement dont le Professeur FALTUS rend compte dans la Publication préliminaire du Congrès de Stockholm, conduisent à des conclusions identiques à celles qui viennent d'être signalées. En effet, tout en rappelant au début de sa contribution que, aussi longtemps que la limite élastique n'est pas atteinte sous l'action des tensions normale et tangentielle, la tension de comparaison est donnée par

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma^2 + 3\,\tau^2},$$

le Professeur FALTUS utilise ce critère à la rupture sous les formes:

$$\sigma_{s1} = \sqrt{\sigma_\perp^2 + 3\,\tau_\parallel^2} \tag{B}$$

en se limitant aux tensions qu'il appelle de première espèce, et

$$\sigma_{s2} = \sqrt{\sigma_\perp^2 + \sigma_\parallel^2 - \sigma_\perp \sigma_\parallel + 3\,(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)} \tag{C}$$

en prenant en considération les tensions de première et de seconde espèces.

Il signale d'autre part, à juste titre, que la distribution des tensions sur la largeur b de la barre qu'il soumet aux essais n'est pas uniforme et que les pointes de tension (voir fig. 4) au voisinage des soudures sont d'autant plus importantes que la largeur b est plus grande. Il est dès lors logique de s'attendre à des valeurs plus faibles de la tension de comparaison, dont le calcul est basé sur l'hypothèse d'une répartition uniforme des tensions, pour les grandes

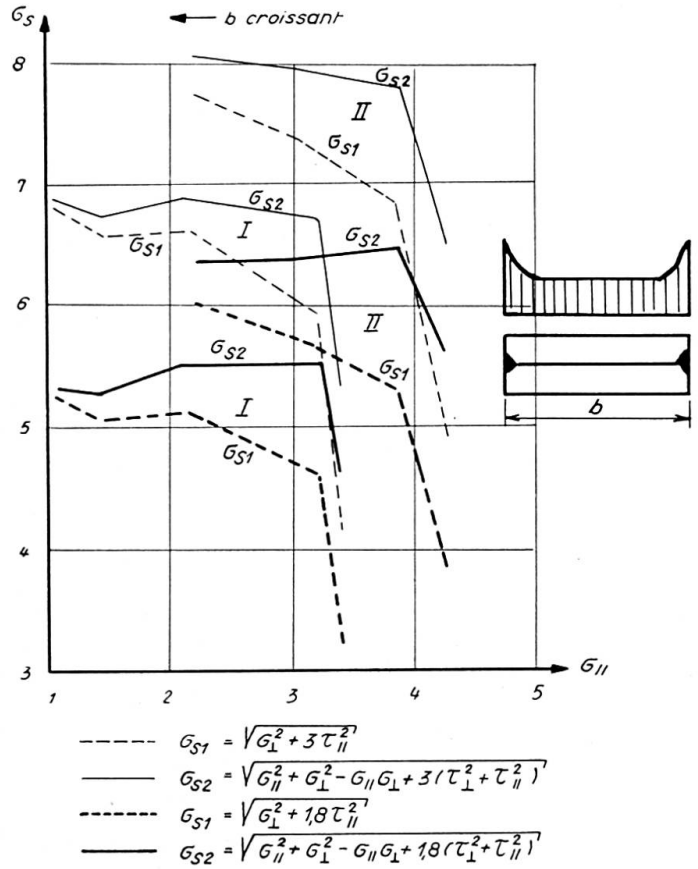

Fig. 4. Résultats des essais du Professeur FALTUS.

valeurs de b c'est-à-dire pour les faibles valeurs de $\sigma_{\parallel}$. Or les courbes de σ_s en fonction de $\sigma_{\parallel}$ (fig. 4) basées sur les critères (B) et (C) montrent, particulièrement dans la série II des essais, une décroissance de σ_{s2} quand $\sigma_{\parallel}$ croît. Au contraire lorsqu'on admet le critère

$$\sigma_{s2} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2 - \sigma_{\perp}\sigma_{\parallel} + 1{,}8\,(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)}$$

on obtient des courbes de σ_{s2} en fonction de $\sigma_{\parallel}$ (fig. 4) légèrement croissantes.

A la condition de considérer une valeur de k inférieure à 3, de l'ordre de 1,8 à 2, les essais du Professeur FALTUS confirment, avec beaucoup de netteté, les conclusions probables auxquelles nos essais de flexion sur poutres composées soudées avaient permis d'aboutir.

Résumé

Le comportement de poutres d'essai composées soudées soumises à flexion montre que les contraintes longitudinales ont une influence sur la rupture des cordons d'angle. Pour satisfaire aux résultats des essais, les cordons d'angle devraient être calculés suivant la formule:

$$\sqrt{\sigma^2 + k\tau^2} \leqq R_{traction} \qquad \text{avec } k \leqq 3.$$

La variation de la tension de comparaison en fonction de la contrainte longitudinale basée sur $k = 1{,}8$ est en meilleure conformité avec les essais de M. FALTUS que celle basée sur $k = 3$.

Zusammenfassung

Biegeversuche, ausgeführt an geschweißten Trägern, zeigen den Einfluß der Längsspannungen auf den Bruch von Kehlnähten. Auf Grund der Versuchsergebnisse sollten die Kehlnähte nach folgender Formel berechnet werden:

$$\sqrt{\sigma^2 + k\tau^2} \leqq R_{Zug} \qquad \text{mit } k \leqq 3.$$

Wenn die Vergleichsspannung in Funktion der Längsspannung mit $k = 1{,}8$ statt mit $k = 3$ aufgezeichnet wird, ergibt sich eine bessere Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen von Herrn FALTUS.

Summary

The behaviour of composed beams assembled by welding and tested by flexion shows an influence of normal stresses in the failure of fillet welds. To agree with the results of these tests, fillet welds should be designed according to the following formula:

$$\sqrt{\sigma^2 + k\tau^2} \leqq R_{traction} \qquad \text{with } k \leqq 3.$$

Graphs of the comparative stress versus the normal stress show, with $k = 1{,}8$ a better agreement with Mr. FALTUS's tests than with $k = 3$.