

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

Band: 6 (1960)

Artikel: Einfluss der Konstruktionsform und der inneren Spannungen auf die Sprödbruchgefahr

Autor: Faltus, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-6961>

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: 22.02.2026

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

II a 2

Einfluß der Konstruktionsform und der inneren Spannungen auf die Sprödbruchgefahr

Effect of the Structural Shape and the Internal Stresses on the Risk of Brittle Fracture

Influence des dispositions constructives et des tensions internes sur le danger de rupture fragile

F. FALTUS
Prof. Dr. Ing., Prag (ČSR)

Die Erforschung der Faktoren, die die Ausbildung von Sprödbrüchen beeinflussen und der Gesetzmäßigkeiten, die hiebei walten, steht seit den eindrucksvollen Unglücksfällen insbesondere im Brücken- und Schiffbau im Vordergrund des allgemeinen Interesses. Es wurden schon wesentliche Erfolge erreicht, viele Fragen abgeklärt und Stähle geschaffen, die auch unter ungünstigen Umständen, wie tiefe Temperaturen, ungünstige Konstruktionsform, sprödbruchsichere Konstruktionen verbürgen.

Noch nicht genügend erforscht ist der Einfluß der Konstruktionsform und der inneren Spannungen auf die Sprödbruchgefahr. Da hier der Einfluß der Größe des Probestückes von sehr wesentlicher Bedeutung ist, sind diesbezügliche Versuche sehr kostspielig und zeitraubend und daher noch wenig zahlreich. Wir sind noch sehr weit davon entfernt, bezüglich Sprödbruchgefahr eine ähnliche Einreihung von Formen von Schweißverbindungen vornehmen zu können, wie sie z. B. für die Ermüdfestigkeit geschaffen wurden. Da die Ermüdfestigkeit und auch die Sprödbruchgefahr von der Höhe der durch die Konstruktionsform geschaffenen Spannungskonzentration maßgeblich beeinflußt werden, lassen sich in vielen Fällen aus Ermüdfestigungs- und Sprödbruchversuchen qualitativ ähnliche Lehren für den Konstrukteur ziehen. Der Bruchverlauf ist in beiden Fällen allerdings gänzlich verschieden; der Sprödbruch ist ganz wesentlich von der Kerbzähigkeit des Materials beeinflußt, während die Ermüdfestigkeit von der Kerbzähigkeit fast nicht abhängt.

Im nachstehenden soll über einige Versuchsergebnisse berichtet werden,

die in dem Institut für theoretische und angewandte Mechanik der tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften erhalten wurden. Gegenstand der Untersuchungen war ein Detail, das bei geschweißten Stahlkonstruktionen und Brücken sehr häufig auftritt, nämlich der Anschluß eines Knotenbleches an den Gurt eines Trägers. Im Hinblick auf einen günstigen Verlauf der Kraftlinien wird das Knotenblech gewöhnlich mit einer Stumpfnaht an die Längskante der Gurtplatte angeschweißt. Zur Milderung der Kerbwirkung wird zweckmäßig der schroffe Übergang ausgerundet und manchmal auch noch das Knotenblech abgeschrägt.

Ermüdungsversuche, die auf einem Amsler-Pulsator von Prof. Puchner in der schweißtechnischen Versuchsanstalt in Bratislava mit geschweißten Trägern und mit Gurtplatten aus Stahl 37 ausgeführt wurden, haben zu den in der Fig. 1 zusammengefaßten Ergebnissen geführt. Schon die aus dem vollen

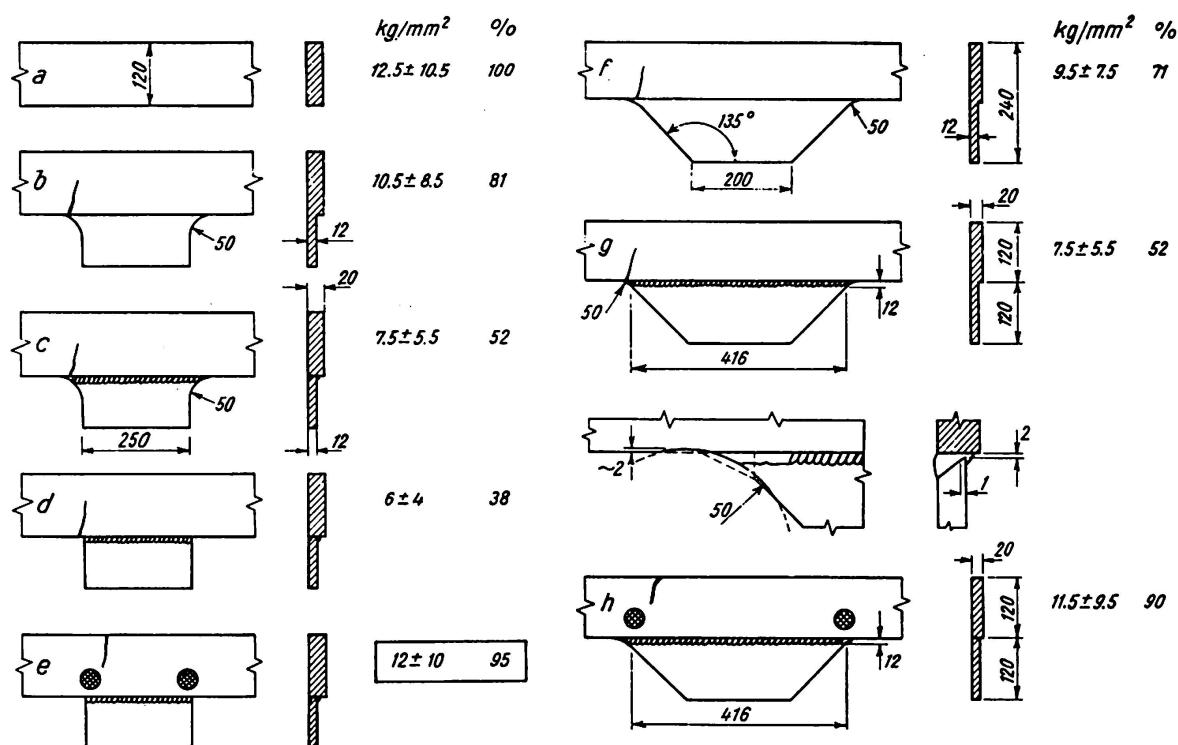


Fig. 1. Ermüdungsfestigkeit von Knotenblechanschlüssen.

herausgearbeiteten Stäbe (*b, f*) zeigen deutlich eine bedeutende Herabminde rung der Ermüdungsfestigkeit (2×10^6 Belastungen) im Vergleich zum glatten Stab, die durch das Vorhandensein einer Schweißnaht noch weiter vermindert wird (Stäbe *c, g*). Bei gleichem Ausrundungsradius sind die rechtwinkligen (*c*) und die trapezförmigen Knotenbleche (*g*) etwa gleichwertig und den ohne Ausrundung ausgeführten Knotenblechanschlüssen (*d*) stark, überlegen. Nach einem Vorschlag von Prof. Puchner wurden durch kurzzeitiges Erhitzen von kreisförmigen Stellen mittels Schweißbrenner auf etwa 700°C in den durch Kerbwirkung gefährdeten Übergängen von Gurtplatte zu Knotenblech Druck-

eigenspannungen erzeugt. In der Tafel 1 sind die erhitzten Stellen durch Kreise gekennzeichnet. Der induzierte Eigenspannungsverlauf ist in Fig. 2 wiedergegeben. Durch diese Maßnahme wurde die Ermüdungsfestigkeit fast auf den Wert des ungeschweißten Materials gehoben. Bei den so behandelten Stäben *e* und *h* ging der Bruch oft von der glatten Kante aus.

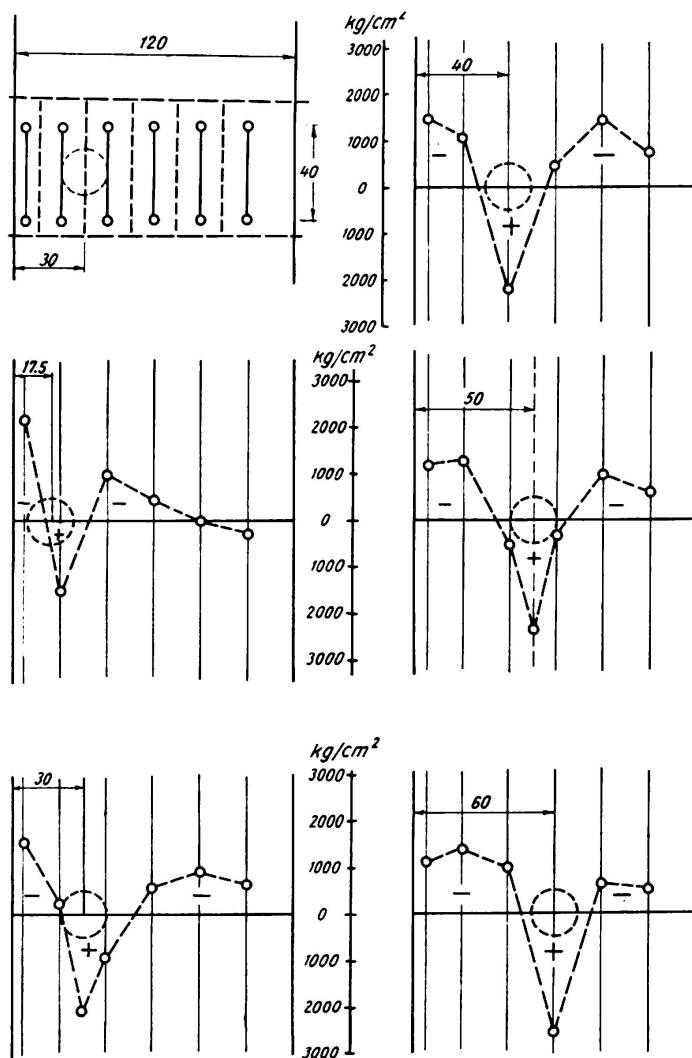


Fig. 2. Eigenspannungsverlauf nach lokaler Erhitzung.

Ähnliche Versuche wurden nun in der Akademie von meinem Mitarbeiter, kand. techn. Wissenschaften, Ing. V. HORÁK, zur Klärung der Sprödbruchgefahr ausgeführt. Geprüft wurden mit statischer Belastung Breitstähle 20 mm Dicke und Vollwandträger nach Fig. 3 mit den in Fig. 4 gezeigten Knotenblechformen, und zwar bei den Temperaturen $+20^\circ$, -40° C, teilweise auch -20° C. Die Knotenbleche der Probekörper 6, 7, 8, 9 sind trapezförmig mit Ausrundungen und der Probekörper 4, 5, 10, 11 rechteckig ohne Bearbeitung der Schweißnahtenden entsprechend der Ausführung *g* und *d* der Ermüdungsversuche; sie sind jedoch teils 20 mm (Probekörper 4, 5, 6, 7), teils nur 12 mm

stark (Probekörper 8, 9, 10, 11), entweder einseitig (Probekörper 4, 5, 6, 7) oder paarweise (Probekörper 8, 9, 10, 11) angeschweißt. Von je 3 Probekörpern wurde 1 Stück bei 20° , ein Stück bei -40° geprüft. Am dritten Probekörpern wurden mit Schweißbrenner Druckspannungen in der Kerbzone erzeugt und dieses bei -40° geprüft. (Bezeichnung dieser Proben – 40 P.) Flachstäbe wurden teilweise auch bei einer Temperatur von -20° geprüft. Die Kühlung erfolgte in einem Kühlbehälter mittels Trockeneis und durch ein Alkohol-Wasser-Gemisch. Die Temperatur wurde mit Thermoelementen kontrolliert; nach Erreichen konstanter Temperatur wurden die Proben ohne Entnahme aus dem Behälter zerrissen bzw. bis zum Bruch gebogen. Das Material, Stahl 37, entstammte 3 verschiedenen Schmelzen. Stahl 1 ist beruhigt, gut schweißbar, Stahl 2 unberuhigt, Stahl 3 hat erhöhten Kohlenstoffgehalt und höhere Festigkeit als normgemäß Stahl 37. In Tab. 1 sind die Ergebnisse der Zerreißproben bei 20° angeführt. Stahl 1 hat die niedrigste, Stahl 3 die höchste Übergangstemperatur.

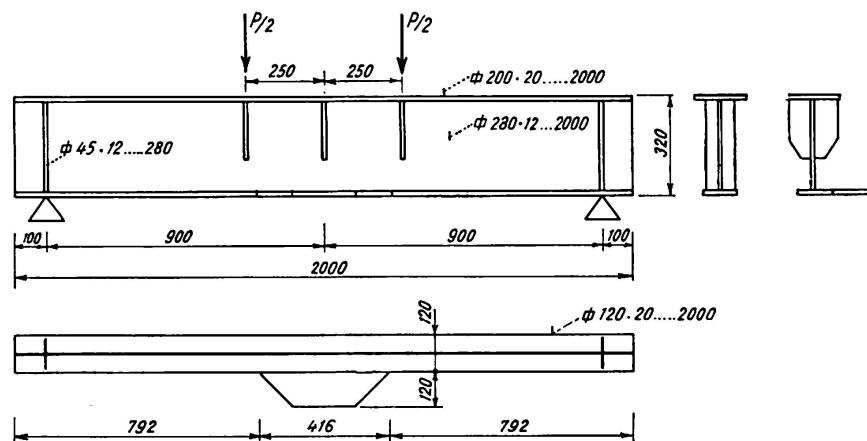


Fig. 3. Vollwandträger mit Knotenblechanschlüssen.

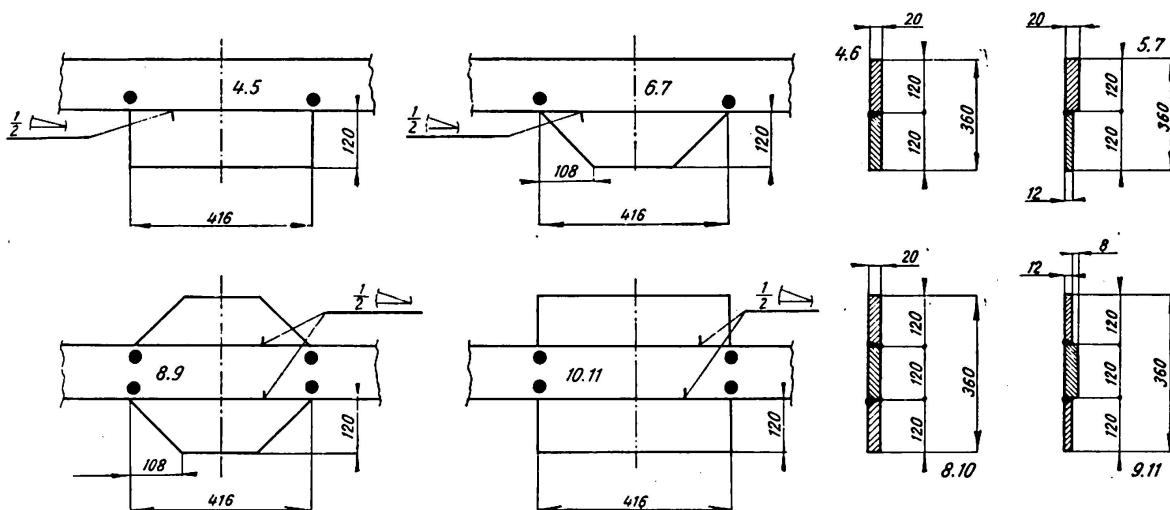


Fig. 4. Geprüfte Knotenblechformen.

Tabelle 1

Chemische Zusammensetzung

Stahl	C	Mn	Si	S	P	Streckgrenze kg/cm ²	Festigkeit kg/cm ²	Dehnung %
1	0,21	0,48	0	0,046	0,026	2560	4460	23
2	0,17	0,44	0	0,030	0,039	2440	4440	25
3	0,20	1,18	0,5	0,021	0,042	3570	5890	22

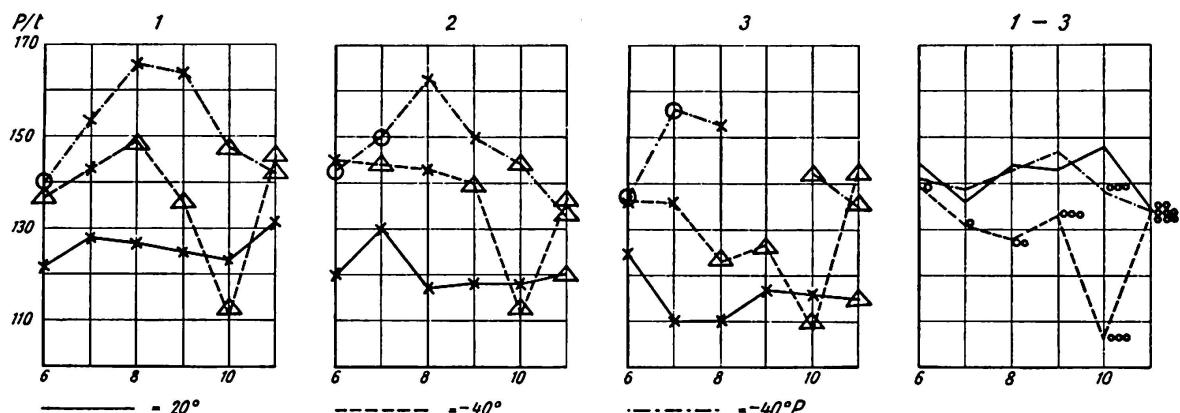
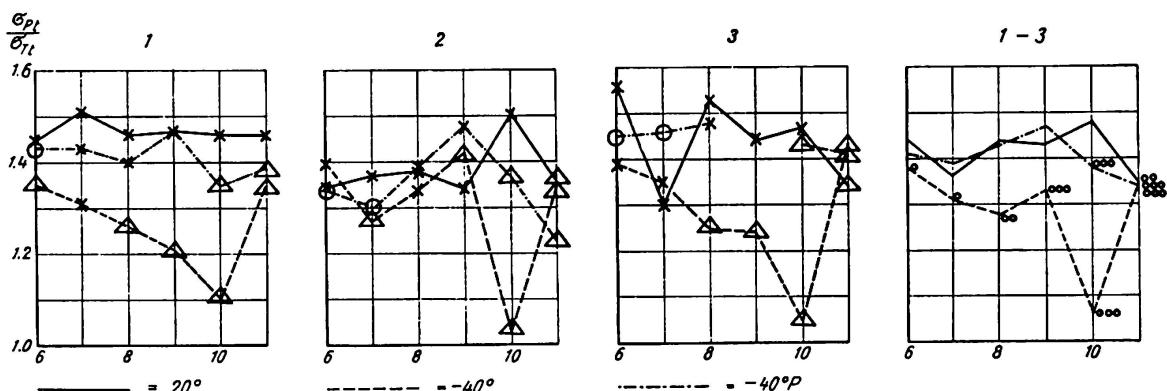


Fig. 5. Tragfähigkeit von Vollwandträgern bis Bruch.

Fig. 6. Verhältnis von $\frac{\sigma_p}{\sigma_t}$ bei verschiedenen Probeformen.

- △ in der Kerbe gebrochen,
- außerhalb der Kerbe gebrochen,
- × nicht gebrochen.

Bei der Prüfung wurden bei den Flachstählen gemessen: die lokalen und gesamten Dehnungen, die Streckgrenze und Festigkeit, bei den Biegeproben wurde die Belastung beim Erreichen der Streckgrenze und die Bruchlast bestimmt. Bei Trägern, die nicht gebrochen sind, wurde als Bruchlast die maximale Belastung angenommen, die in fast allen Fällen *vor* Erschöpfung der Durchbiegungsmöglichkeit erreicht wurde.

Aus den umfangreichen Prüfungsergebnissen sind in Fig. 5, 6 die Ergebnisse der Biegeproben der Träger angeführt.

Trotz der verhältnismäßig geringen Zahl von Proben (geprüft wurden 70 Breitstahlproben auf Zug, 54 Biegeträger) und der naturgemäß ziemlich großen Streuung der Ergebnisse können aus den Versuchen diese Folgerungen gezogen werden:

1. Bei niedriger Temperatur steigen Streckgrenze und Festigkeit. Die Anwesenheit einer Kerbe kann jedoch einen mehr oder minder vorzeitigen Bruch erzwingen, so daß die Tragfähigkeit bei niedriger Temperatur auch niedriger sein kann, wie bei 20°C. Dies ist sehr augenfällig, wenn der Bruch als reiner Sprödbruch, ohne jegliche plastische Verformung erfolgt. In Fig. 5 sind die max. Belastungen als Ordinaten aufgetragen. Bei 20° ist die Tragfähigkeit für verschiedene Knotenblechformen praktisch gleich, bei -40° ist die Tragfähigkeit nicht unbeträchtlich höher, ausgenommen die Trägerform 10. Die Tragfähigkeit der Proben mit Druckeigenspannungen an den Kerbstellen ist in allen Fällen wesentlich höher.

2. Ein besseres Kriterium für die Sprödbruchanfälligkeit ist das Verhältnis der Bruchfestigkeit zur Streckgrenze $\frac{\sigma_p}{\sigma_T}$. Bei plastischem Bruch nähert sich das Verhältnis 2, bei Sprödbruch 1. Dieses Verhältnis ist für die Biegeproben in Fig. 6 aufgetragen. Das Verhältnis $\frac{\sigma_p}{\sigma_T}$ nimmt mit der Temperatur ab; bei gleichen Temperaturen charakterisiert es die Güte der Form. Am schlechtesten schneidet wieder Form 10 ab; Form 11 ist überraschend hoch. Mit Druckeigenspannungen behaftete Probekörper sind wesentlich besser wie nicht vorgespannte.

3. Bei den mit \triangle bezeichneten Proben erfolgte der Bruch als Sprödbruch, die mit \circ bezeichneten Proben sind gebrochen, der Bruch ging jedoch nicht von der Kerbstelle, d. i. vom Übergang des Knotenbleches in das Grundmaterial aus. Bei fast allen bei -40° geprüften Probekörpern fand Sprödbruch statt, bei Probeform 10 auch in den mit Druckeigenspannungen versehenen Stäben, bei Probeform 11 in einem Fall sogar bei +20°.

4. Zwischen den 3 geprüften Materialsorten ist kein wesentlicher Unterschied festzustellen. Nur die Streuung der Ergebnisse ist bei Stahl 2 und 3 größer als bei 1. In der 4. Spalte wurde der Mittelwert aller Versuche aufgetragen. Die Zahl der Punkte gibt die Zahl der gebrochenen Probekörper an.

5. Bei den Zugproben mit Breitstählen trat ein Sprödbruch in einigen Fällen weit außerhalb der konstruktiven Kerbe im glatten Probeteil auf bei Belastungen, die einer sehr scharfen Kerbe entsprechen würden. Eine nähere Untersuchung zeigte, daß der Bruch von einer Kante ausging, an der durch unbeabsichtigte Berührung mit der Schweißzange oder der Elektrode kurzzeitig ein Lichtbogen gezündet wurde und ein kleiner etwa $1/2$ mm tiefer Krater eingebrennt wurde. Es zeigt dies, welche Sorgfalt der Ausführung geschweißter Konstruktionen zu widmen ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die ausgeführten Proben den Einfluß der Probeform gezeigt haben und auch bewiesen haben, daß durch

eine günstige, künstlich erzeugte Verteilung von Eigenspannungen eine wesentliche Abminderung der Gefahr eines Ermüdungsbruches und auch eines Sprödbruches erzwungen werden kann.

Zusammenfassung

An Hand ausgeführter Proben wird gezeigt, daß an Gurtplatten angeschweißte Knotenbleche die Sprödbruchgefahr wesentlich erhöhen. Am ungünstigsten ist ein rechtwinkelig angesetztes Knotenblech ohne Ausrundung des Überganges. Durch Erzeugung eines künstlichen Eigenspannungszustandes mittels Vorwärmung mit dem Schweißbrenner kann bei -40°C fast dieselbe Sprödbruchsicherheit wie bei $+20^{\circ}\text{C}$ erzielt werden.

Summary

Tests carried out at temperatures of $+20^{\circ}\text{C}$ and -40°C prove that gusset plates welded on the flange of a full web girder considerably increase the risk of brittle fracture. A rectangular gusset plate without rounding of the inner corners gives the least satisfactory results.

By introducing a residual pressure in the vicinity of the notch it is possible to obtain the same factor of safety against brittle fracture at -40°C as at $+20^{\circ}\text{C}$ without favorable residual stresses. The residual pressure stress was introduced by heating a small circular spot to 700°C by means of an oxy-acetylene torch.

Résumé

Les essais exécutés montrent que les goussets soudés aux semelles augmentent le danger de rupture fragile. La disposition la plus défavorable est celle d'un gousset rectangulaire sans coins arrondis. En introduisant une compression résiduelle dans la partie menacée par l'entaille à l'aide d'un chalumeau oxyacétylénique, on parvient à la même sécurité contre la rupture fragile à une température de -40°C qu'à $+20^{\circ}\text{C}$ sans contraintes résiduelles favorables.

Leere Seite
Blank page
Page vide