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

**Band:** 6 (1960)

**Artikel:** Die Entwicklung naturharter Bewehrungsstähle Sigma s 40-90 kg/mm² mit verbesserten Eigenschaften

**Autor:** Schaub, C.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-7083

**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:** 01.07.2025

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

VI8

# Die Entwicklung naturharter Bewehrungsstähle $\sigma_S$ 40—90 mit verbesserten Eigenschaften

*Reinforcement Steels with a Natural Hardness, $\sigma_S = 40 - 90$ kg/mm² Having Improved Characteristics*

*Aciers d'armature à dureté naturelle, $\sigma_S = 40 - 90$ kg/mm², avec caractéristiques améliorées*

C. SCHAUB
Fagersta, Schweden

Die Weiterentwicklung der Bewehrungsstähle bezweckt, höhere Festigkeitswerte zu erzielen. Vor allem strebt man eine Erhöhung der Streckgrenze an, doch darf gleichzeitig die Zähigkeit des Werkstoffes und dessen Sicherheit gegen spröde Brüche nicht unter zulässige Werte sinken.

In Mitteleuropa wird eine hohe Streckgrenze in der Regel durch Kaltverformung eines warmgewalzten Stahles erreicht, der im naturharten Zustande eine geringere Streckgrenze hat. Die durch Recken, Verdrehen oder eine Kombination dieser beiden Verfahren erfolgte Kaltverformung kann die Streckgrenze bis zu einem gewünschten Wert erhöhen; die Zähigkeitsreserve des Werkstoffes wird hierdurch jedoch vermindert und es erfolgt gleichzeitig ein mechanisches Altern. In ungünstigen Fällen kann dadurch ein Risiko für spröde Brüche entstehen.

Schließlich erfordert die Kaltverformung gewisse Mehrkosten gegenüber naturharten, warmgewalzten Stählen, die in Ländern mit hohem Lohnniveau beachtliche Werte erreichen können, wobei noch Investierungen für Lokale, Maschinen, Transportmittel usw. dazukommen.

In Schweden wird der größte Teil der Bewehrungsstähle für schlaffe Bewehrung in naturhartem Zustande in Form von Rippenstählen mit quergewalzten Rippen in den Qualitäten Ks 40 ($\sigma_S \geqq 40$ kg/mm²) und Ks 60 ($\sigma_S \geqq 60$ kg/mm²) angewendet. Die Qualität Ks 40 kommt in zwei Varianten vor, entweder in der gewöhnlichen Ks 40 oder in der schweißbaren Qualität Ks 40 S (Tabelle 1).

*Tabelle 1. Schwedische naturharte Bewehrungstähle*

| Bezeichnung | Abmessung $d$ mm | Analyse C % | Analyse Si % | Analyse Mn % | Sonstiges % | Zugprobe $d$ mm | Zugprobe $\sigma_S$ kg/mm² | Zugprobe $\sigma_B$ kg/mm² | Zugprobe $\delta_{10}$ % | Biegeprobe 180° | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ks 40 | 6—32 | 0,3—0,5 | ~0,3 | ~0,5 | — | ≦18 | 40 | — | 15 | | Warmgewalzter Rippenstahl mit spez. Rippenquerschnitt > 6,25 %. |
| | | | | | | 18—30 | 38 | — | 15 | $R = 2{,}5\,d$ | |
| | | max. | | | | > 30 | 36 | — | 15 | | |
| Ks 40 S | 6—32 | 0,28 | ~0,5 | ~1,3 | — | ≦18 | 40 | — | 15 | ,, | ,, |
| | | | | | | 18—30 | 38 | — | 15 | nach | Schweißbarer Stahl. |
| | | | | | | > 30 | 36 | — | 15 | Alterung | |
| Ks 60 | 6—16 | ~0,45 | ~1,7 | ~0,8 | — | | 60 | — | 12 | $R = 2{,}5\,d$ | Warmgewalzter Rippenstahl mit spez. Rippenquerschnitt > 12,5 %. |
| | | ~0,45 | ~1,3 | ~1,3 | — | | 60 | — | 12 | | |
| *Naturharte Spezial-Bewehrungstähle der Fagersta Bruks AB* | | | | | | | | | | | |
| Ks 40 CD[1]) | 6—32 | max. 0,20 | ~0,3 | ~0,8 | Kleine Zusätze von karbid- und nitridbildenden Elementen | ≦18 | 40 | — | 15 | $R = 2{,}5\,d$ | Warmgewalzter Rippenstahl mit spez. Rippenquerschnitt > 6,25 % und mit verbesserter Kaltzähigkeit und Schweißbarkeit. |
| | | | | | | 18—30 | 38 | — | 15 | nach | |
| | | | | | | > 30 | 36 | — | 15 | Alterung | |
| Ks 60 CD[1]) | 6—16 | ~0,45 | ~0,3 | ~0,8 | Zusätze wie oben | | 60 | — | 12 | $R = 2{,}5\,d$ | Warmgewalzter Rippenstahl mit spez. Rippenquerschnitt > 12,5% und mit verbesserter Kaltzähigkeit. |
| CD 80[2]) | 26 | ~0,25 | ~0,3 | ~0,7 | Cr 0,5 + Zusätze wie oben | | 80 | 105 | 7 | — | Warmgewalzter geglühter Rundstahl für vorgespannte Konstruktionen, z. B. System Dywidag etc. |
| CD 90[2]) | 26 | ~0,25 | ~0,3 | ~0,7 | Cr 2,3 + Zusätze wie oben | | 90 | 120 | 7 | — | |

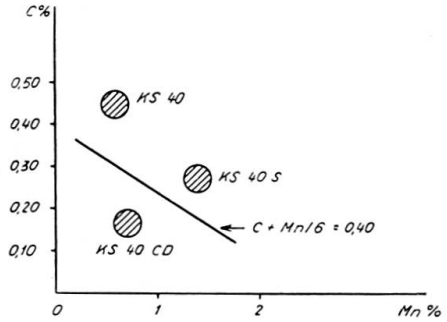
[1]) Spezialstahl (Feinkornstahl) wird in betriebsmäßigem Maßstabe hergestellt.
[2]) Probeschmelzen für Versuchslieferungen.

Für vorgespannte Konstruktionen werden sowohl kaltgezogener Draht mit 2 bis 7 mm ⌀ als auch kaltgereckte Rundstähle schwedischer oder ausländischer Herstellung verwendet.

In Schweden sind seit mehr als fünf Jahren Entwicklungsarbeiten im Gange, um die Zähigkeit und die Schweißbarkeit oder nur diese für sich bei Stählen im naturharten Zustande zu verbessern. Durch «Impfung» mit karbid- und nitritbildenden Zusätzen bei der Erschmelzung der Stähle erhalten diese eine Feinkornstruktur, wodurch sowohl die Streckgrenze als auch das Verhältnis $\sigma_S/\sigma_B$ stark erhöht und gleichzeitig die Zähigkeit und Schweißbarkeit wesentlich verbessert werden. Die Analysen dieser neuentwickelten CD-Stähle (CD = cold ductile) gehen aus der Tabelle 1 hervor. Die Wirkung der CD-Behandlung auf die Zähigkeit und Schweißbarkeit ist aus den Tabellen 2 und 3 sowie aus Diagramm 4 ersichtlich.

*Tabelle 2. Schweißbarkeit der Bewehrungsstähle Ks 40, Ks 40 S und Ks 40 CD*

Bei Kohlenstoff-Manganstählen wird die Grenze zwischen gut oder schlecht schweißbaren Stählen ungefähr durch die Ungleichung $C + Mn/6 \lesseqgtr 0{,}40\,\%$ angegeben. Die schwedischen Rippenstähle mit $\sigma_S = 40$ kg/mm² können in dieser Beziehung auf folgende Weise klassifiziert werden.




Die Feinkornbehandlung durch die CD-Methode ermöglicht bei gleicher Forderung für die Streckgrenze $\sigma_S \geqq 40$ kg/mm² einen niedrigeren Wert C + Mn/6 einzuhalten und dadurch die Schweißbarkeit zu verbessern.

Fagerstas Rippenstahl Ks 60 CD wird seit einigen Jahren betriebsmäßig laufend hergestellt und hat sich in der Praxis ausgezeichnet bewährt. Dieser Rippenstahl ist auch bei niedriger Außentemperatur (−20° C) biege- und rückbiegesicher. Die Herstellung dieses Stahles ist in wirtschaftlicher Beziehung günstig, da durch die CD-Behandlung entsprechende Mengen an Si und Mn eingespart werden.

Die Qualitäten CD 80 und CD 90 wurden als Versuchsschmelzen in begrenztem Umfange hergestellt. Die technischen Eigenschaften dieser Werkstoffe sind ausgezeichnet, was durch zahlreiche Versuchsergebnisse bestätigt wurde. Unter den gegenwärtigen Verhältnissen liegen jedoch die Herstellungskosten für diese Qualitäten noch etwas zu hoch, um mit kaltverformten Stählen mit $\sigma_S \geqq 80$ kg/mm² in allen Fällen konkurrieren zu können.

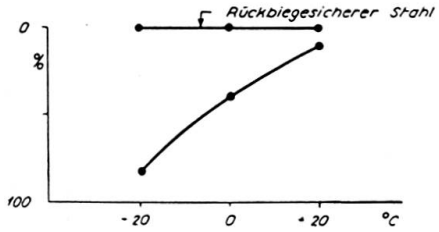
*Tabelle 3. Alterungsbiegeprobe*

| Stahl | | Biegeprobe |
|---|---|---|
| Ks 40 S | Der Rippenstahl wird 10 % kaltgestreckt | 180° R = 2,5 d |
| Ks 40 CD | danach bei 250° C 1 h gealtert | kein Bruch oder Risse |

Die Biegeprobe wird bei Raumtemperatur ausgeführt.

*Alterungsrückbiegeprobe*

1. Biegeprobe 45° R = 5 d bei Prüftemperatur bzw. −20°, 0°, +20° C.
2. Alterung in kochendem Wasser während 1 h.
3. Rückbiegung 22,5° bei Prüftemperatur bzw. −20°, 0°, +20° C; kein Bruch oder Risse. 10—20 Probestäbe pro Temperatur. Sollten Brüche auftreten, kann das Ergebnis der Prüfung in folgendem Schaubild dargestellt werden:




Die *Spezial-Rippenstähle Ks 60 CD und Ks 40 CD* der Fagersta Bruks AB sind auf Grund der besonderen Herstellung *rückbiegesicher*.

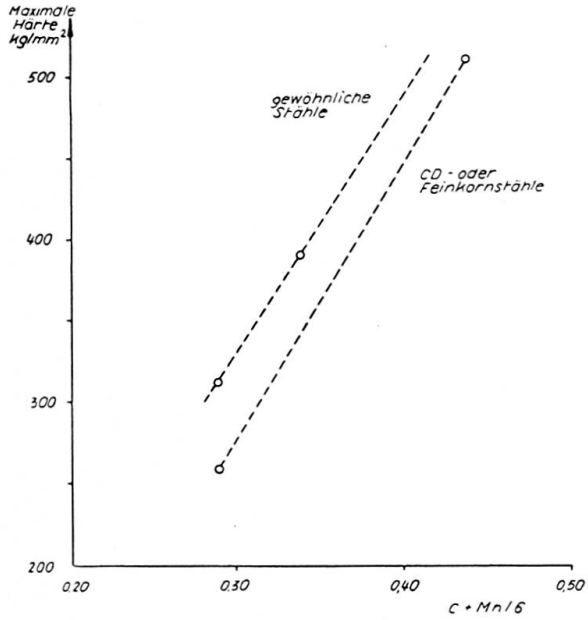



*Diagramm 4. Die maximale Härte als Funktion von $l + Mn/6$* (gemäß der Methode von ESAB).

Die maximale Härte ist der ESAB-Methode nach die höchste Härte, die im Werkstoff nach dem Schweißen entstehen kann.

Als besondere Kennzeichen dieser CD-Stähle mit extremen Streckgrenzwerten im warmgewalzten, geglühten Zustand kann man die gute Ermüdungsfestigkeit, den stabilen Wert des Elastizitätsmoduls bei gleichzeitig guter Zähigkeit hervorheben.

**Zusammenfassung**

Der Autor beschreibt Stähle, die durch ein besonderes metallurgisches Herstellungsverfahren bei niedrigen Legierungsgehalten eine hohe Streckgrenze sowie ein hohes Streck-/Bruchgrenzenverhältnis erhalten. Hierdurch entsprechen diese Stähle weitgehenden Forderungen in bezug auf Zähigkeit (Biegbarkeit) und Schweißbarkeit.

**Summary**

The steels described are slightly alloyed and are obtained by a special metallurgical process. They have a high yield limit and the ratio between this limit and the failure stress is also high; hence, they fully satisfy the requirements in regard to toughness (folding) and weldability.

**Résumé**

Les aciers décrits sont faiblement alliés et obtenus par un procédé spécial d'élaboration métallurgique; ils présentent ainsi une limite élastique élevée, dont le rapport à la résistance de rupture est également élevé. Ces aciers satisfont par là largement aux exigences relatives à la ténacité (pliage) et à la soudabilité.

Leere Seite
Blank page
Page vide