

# Anwendungsprobleme hochfester Stähle im Metall- und Brückenbau in der UdSSR

Autor(en): **Melnikow, N.P. / Strelezki, N.N. / Gladstein, L.I.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE structures = Constructions AIPC = IVBH Bauwerke**

Band (Jahr): **2 (1978)**

Heft C-4: **Structures in the USSR**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-15093>

## **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.



## Anwendungsprobleme hochfester Stähle im Metall- und Brückenbau in der UdSSR

ZNIIPSK, the most important combine of the soviet steel construction industry, carries out research and development, in particular in the field of high strength steels. In the course of the last few years, steels with higher and higher yield stresses (60 kp/mm<sup>2</sup> and more) have been used for bridges and other important structures. In spite of their high strength, these steels have perfectly satisfactory welding and ductility properties.

ZNIIPSK, le plus important combinat de l'industrie de la construction métallique soviétique, s'occupe de recherche et développement, notamment dans le domaine des aciers à haute résistance. Depuis quelques années, on tend à utiliser, pour les ponts et autres ouvrages importants, des aciers dont la limite élastique est de plus en plus élevée (60 kp/mm<sup>2</sup> et plus). Malgré leur résistance élevée, ces aciers présentent encore de bonnes caractéristiques de soudabilité et ductilité.

ZNIIPSK, das bedeutendste Kombinat der sowjetischen Metallbauindustrie, beschäftigt sich mit Forschung und Entwicklung, insbesondere auf dem Gebiet der hochfesten Stähle. Seit einigen Jahren werden für Brücken und andere bedeutende Bauwerke immer hochfestere Stähle (Fließgrenze 60 kp/mm<sup>2</sup> und mehr) verwendet, die trotzdem über gute Schweißbarkeit und eine genügende Duktilität verfügen.

1966 wurde in der UdSSR eine einheitliche Klassifizierung der schweissfähigen Baustähle nach der Festigkeit eingeführt, was eine rationelle Stahlverwendung bedeutend förderte. Diese Klassifikation (CH  $\alpha$   $\Pi$  II-B.3-72) unterscheidet 7 Festigkeitsstufen: C 38/23, C 44/29, C 46/33, C 52/40, C 60/45, C 70/60 und C 85/75, wobei der Zähler eine garantierte kurzfristige Bruchfestigkeit und der Nenner eine Fließgrenze bedeuten. Mit der Klasse 1 wird der Stahl einer normalen Festigkeit, mit den Klassen 2, 3, 4 der Stahl einer erhöhten Festigkeit und mit den Klassen 5, 6, 7 der hochfeste Stahl bezeichnet. Die Baustähle müssen auch den Anforderungen einer garantierten Kältebeständigkeit entsprechen. Dies wird durch eine Temperatur, bei der die Schlagzähigkeit mindestens 3 - 5 kp/cm<sup>2</sup> beträgt, charakterisiert. Nach diesem Kennwert werden alle Baustähle in 3 Gruppen eingeteilt:

- I — ohne garantierte Kältebeständigkeit
- II — mit garantierter Kältebeständigkeit bei Verwendung für normale Temperaturen bis maximal - 40 °C; die Schlagzähigkeit wird bei - 40 °C garantiert.
- III — mit garantierter Kältebeständigkeit bei Verwendung für Temperaturen bis unter - 40 °C; die Schlagzähigkeit wird bei - 70 °C garantiert.

Die hochfesten Stähle C 60/45, C 70/60 und C 85/75 gehören immer der Klasse II oder III an.

Für jede Stahlklasse ist ein eigenes Kennwertsystem ausgearbeitet worden, das für Festigkeitsberechnungen der Bauteile und deren rationelle Anwendung in Baukonstruktionen verbindlich ist. Hochfeste Stähle werden für folgende Konstruktionen verwendet: Tragwerkelemente der Industriegebäude, Stahlkonstruktionen der Förder- und Autobahnbrücken, Druck-, Gas- und andere Behälter von grossem Fassungsvermögen, Tragwerkelemente der Hochhäuser und Gebäude. Die Herstellung von hochfesten Stählen mit bestimmter Zusammensetzung und bestimmtem Lieferungszustand (nach dem Warmwalzen, nach der Normalisierung und der termischen Vergütung) hat in den Eisenhütten bereits begonnen.

Seit 1968 ist in der UdSSR der 16  $\Gamma$  2 A  $\Phi$  -Stahl im Einsatz. Seine Fließgrenze beträgt 45 kp/mm<sup>2</sup> (Klasse 60/45). Er ist mit Vanadium und Stickstoff legiert, und nach der Normalisierung hat er eine feinkörnige ferritperlitische Struktur, die sich durch ihre günstigen Betriebs- und technologischen Werte und die mässigen Kosten auszeichnet. Eine zusätzliche Prüfung der Schlagzähigkeit unter - 70 °C zeigt, dass der 16  $\Gamma$  2 A  $\Phi$  -Stahl für Konstruktionen an Bauten in nördlichen Zonen geeignet ist.

Der 16  $\Gamma$  2 A  $\Phi$  -Stahl wird erfolgreich für Säulen von Industriegebäuden mit Kranen von hoher Tragfähigkeit verwendet oder auch in saureren Konvertern mit einem Fassungsvermögen von 250 und 350 t. Ebenso wird er in Granulations- und anderen Anlagen verwendet; die Gewichtsersparnis bei den Säulen beträgt 20 o/o gegenüber bisherigen Ausführungen aus normalem Stahl. In einer Maschinenbauhalle von grosser Spannweite wurden sowohl die Stützen als auch die Gitterriegel und Dachbinder aus 16  $\Gamma$  2 A  $\Phi$  -Stahl ausgeführt.

Besonders wirkungsvoll zeigte sich der 16  $\Gamma$  2 A  $\Phi$  -Stahl in Form dünnwandiger, elektrogeschweisster Rohre für Dachbinder der grossen Industriegebäude. Die günstige Form dieser geschlossenen Profile erweiterte das Gebiet der rationalen Anwendung hochfester Stähle auf Gitterkonstruktionen, die eine gesamte und eine örtliche Stabilität fordern. Aus hochfesten Rohren wurden so die stark belasteten Tragwerkelemente — Gurte und Streben — der Abb. 1 gefertigt. Die anderen Füllungsglieder wurden aus Kohlenstoffstahlrohren ausgeführt. Die gewonnene Erfahrung in der Verwendung von Stahlrohren für Binder der Industriegebäude mit Spannweiten von 30 und 36 m hat gezeigt, dass die Verwendung von Kohlenstoffstahlrohren (Klasse C 38/23) eine Gewichtsersparnis bei den Bindern von etwa 37 o/o ergibt. Die Verwendung von Winkeln aus niedriglegiertem Stahl erhöhter Festigkeit (Klasse 46/33) ergibt eine Ersparnis von 38 o/o. Die Kosteneinsparung der montierten Konstruktionen beträgt entsprechend 17 und 6 o/o.

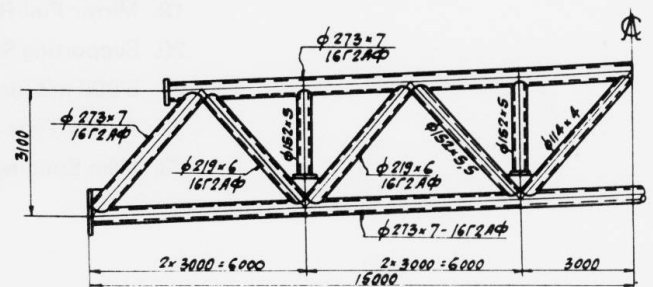


Abb. 1

Aus 16  $\Gamma$  2 A  $\Phi$  -Stahl wurde auch der Panzer eines Kriwo-roshsker Ofens hergestellt, der mit seinen 5000 m<sup>3</sup> Inhalt der grösste Ofen in der Welt ist (Abb. 2). Dort ergibt sich eine Abminderung der maximalen Panzerdicke von 60 - 70 mm auf 45 mm, was die mit den räumlichen Schweißspannungen verbundene Spröbruchgefahr beseitigte. Der 16  $\Gamma$  2 A  $\Phi$  -Stahl wurde auch für den Bogen einer einfeldrigen Brücke (UdSSR) mit 204 m Spannweite verwendet (Abb. 3).

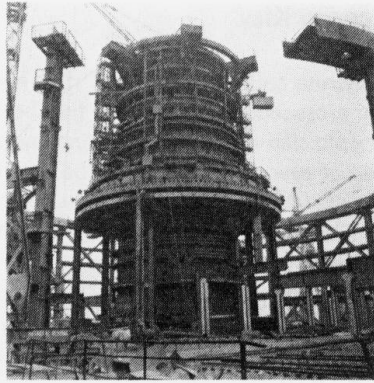


Abb. 2



Abb. 3

Das ergab eine Gewichtersparnis beim Bogen von 23 o/o und liess Schweisspakete ausschliessen. Erfolgreich wird der 16Г 2Аϕ-Stahl auch für folgende Konstruktionen verwendet: Brücken verschiedener Ausführung, Umladekrane, Bockkrane grosser Tragfähigkeit, Tragwerke von mehrgeschossigen Gebäuden, Masten, Türme, usw.

Unter den in der UdSSR verwendeten Stählen von 60 kp/mm<sup>2</sup> Fließgrenze ist der 14 x 2Г MP-Stahl von Bedeutung. Dieser Stahl wird in Blechen bis 50 mm Dicke gefertigt, als Legierungselemente enthält der in grossem Masse Chrom, Mangan und Molbdän, und seine Preise liegen deswegen hoch. Dieser Stahl wurde zum Beispiel bei den hochbeanspruchten Elementen einer in der UdSSR errichteten, allseitig geschweissten Brücke mit 149 m Spannweite verwendet, was eine Stahlersparnis von rund 20 o/o ergab. Der viel billigere, sparsam mit Mangan, Molybdän und Vanadium legierte 12Г 2СМϕ-Stahl (für gewöhnliche Konstruktionen) und der 12Г H 2Мϕ A 10-Stahl (für Konstruktionen nördlicher Ausführung) haben dieselbe Festigkeit. Sie werden aber in Blechen von nur 30 – 40 mm Dicke gefertigt.

Eine gewisse Begrenzung des Gebietes einer rationellen Stahlverwendung erklärt sich dadurch, dass mit Erhöhung des plastischen Verformungswiderstandes (der Fließgrenze, der kurzfristigen Zugfestigkeit) der Elastizitätsmodul unverändert bleibt. Das wirkt sich sowohl auf die gesamte und örtliche Stabilität von schlanken Stäben wie auch auf die Quersteifigkeit von weitgespannten Konstruktionen bei vollwandigen Trägern negativ aus. Die rationelle Anwendung hochfester Stähle muss wegen ihrer erhöhten Kerbempfindlichkeit für die Herstellung von Elementen, die einer Wechselbelastung ausgesetzt sind, begrenzt werden.

Bei Verwendung hochfester Stähle gibt es gewisse Schwierigkeiten, in deren Ueberwindung die UdSSR schon einige Erfolge erzielt hat. Die Vorspannung kann in einigen Fällen die

Stabilität und die Ermüdungsfestigkeit begünstigen. Die Präzisierung der Verformungsvorschriften hilft Steifigkeitsprobleme zu lösen. Die schwerwiegenden technologischen Schwierigkeiten treten nur bei Konstruktionen aus Stählen mit Fließgrenze von 60 kp/mm<sup>2</sup> und höher auf. Diese Schwierigkeiten werden in gewissem Masse dadurch beseitigt, dass das Richten in den Eisenhütten erfolgt, die Werkschweiss-technologie sich immer weiter vervollkommnet, und die Baustellenschweissung durch HV-Schraubenverbindungen ausgetauscht wird.

In der UdSSR wird die Festigkeitsberechnung der Stahlkonstruktionen nach der Grenz Zustandstheorie in 5 selbständige Methoden eingeteilt: nach dem Versagen durch Zähbruch, plastische Verformung, Stabilität, Ermüdung und Sprödbbruch. Für jede Stahlklasse werden zwei rechnerische Festigkeiten eingeführt.  $R_B$  und  $R_T$ . Der  $R_B$ -Wert wird nach der Bruchgrenze mit einer Sicherheitszahl bestimmt, der  $R_T$ -Wert nach der Fließgrenze.

Die Plastifizierung von einzelnen Querschnitten wurde bislang mit Hilfe des Punktfliesskriteriums oder der Fließgelenkkonzeption berücksichtigt. Jetzt wird empfohlen, zum allgemeinen Kriterium der relativen plastischen Grenzverformbarkeit ( $E_{gr} = 0,002$  bis  $0,005$ ) überzugehen, was besonders in bezug auf Konstruktionen aus hochfesten Stählen zweckmässig ist, die keine Fließzone haben. Die Spannungsberechnung entspricht der Berechnung der relativen plastischen Verformungen im Grenz Zustand, aber die Methode der Spannungsberechnung bleibt dieselbe, da es für die Projektierenden bequemer ist. Die Berechnung der plastischen Verformungen erfolgt dadurch, dass die rechnerische Festigkeit  $R_T$  mit verschiedenen Ausgleichswerten "c" multipliziert wird, die vor allem vom Spannungszustand und der Form eines Elementquerschnitts abhängen. Mit "c"-Ausgleichswerten wird die Berechnung der relativen elasto-plastischen Verformungen auf die Ergebnisse der elastischen Spannungsberechnung zurückgeführt.

Die Berechnungen nach der neuen Methode sind für die Berücksichtigung der gleichzeitigen Wirkung von vielen Schnittkräften (Biegemomente in beiden Ebenen, Axial- und Querkraft, Drehmomente) sehr zweckmässig, was besonders durch neuzeitliche, genauere, mit Computer erstellte Berechnungen zur Geltung kommt. Das "c"-Beiwert-System bestimmt nicht nur die linken Grenzgleichungsteile genau, es bestimmt auch parallel die rechten Teile. Auch bei einfacher Biegung sind die "c"-Beiwerte grösser als 1: Für einen symmetrischen Doppel-T-Träger 1.10, für einen asymmetrischen 1.20, für rechteckige und kreuzförmige Querschnitte 1.3 bis 1.45, für T-Träger 1.5 bis 1.7. Die Berechnung von sehr kleinen, plastischen Verformungen hat einen grossen Nutzeffekt. Dieser ist dem beim Fließgelenk angenommenen Effekt ähnlich. Bei Berechnungen mit "c"-Beiwerten wird eine Reihe von Bedingungen und Verbesserungen berücksichtigt, die bei Sicherstellung der örtlichen Stabilität und Rotationsfähigkeit der Wirkung der Schub-, Normal- und Biegespannungen und der Begrenzung von Gesamtverformungen, Rechnung trägt.

Bei hochfesten Stählen werden normalerweise die Kerbschlagzähigkeit und die rechnerischen Festigkeiten  $R_B$  limitiert. Die letzten werden auch mit einigen "c"-Beiwerten gebraucht, welche die Entwicklung plastischer Verformungen berücksichtigen.

(D.d.t.W. Melnikow N.P.,

D.d.t.W. Strelezki N.N.,

K.d.t.W. Gladstein L.I.

ZNIIprojektstalkonstrukzija,  
Moskau, UdSSR)