

GESCHWEISSTE ALUMINIUMKONSTRUKTIONEN

Kosteas · Steidl · Strippelmann

Prof. Dr.-Ing. Dr. sc. tech. h.c. (ETH) Otto Steinhardt gewidmet

GESCHWEISSTE ALUMINIUM KONSTRUKTIONEN

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. Dimitris Kosteas
Versuchsanstalt Stahl, Holz und Steine
Universität Karlsruhe (TH)

unter Mitarbeit von

Ing.-grad. Gerhard Steidl
Versuchsanstalt Stahl, Holz und Steine
Universität Karlsruhe (TH)

und

Ing.-grad. Wolf-Dieter Strippelmann
Schweißtechnische Lehr- und Versuchs-
anstalt Mannheim

Vieweg

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Geschweißte Aluminiumkonstruktionen / hrsg. von Dimitris Kosteas. Unter Mitarb. von Gerhard Steidl u. Wolf-Dieter Strippelmann. -- Braunschweig: Vieweg 1978.

ISBN-13: 978-3-528-08659-6

e-ISBN-13: 978-3-322-84085-1

DOI: 10.1007/978-3-322-84085-1

NE: Kosteas, Dimitris [Hrsg.]; Steidl, Gerhard [Mitarb.]

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, 1978

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1978

Satz: Vieweg, Braunschweig

Alle Rechte vorbehalten.

Die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder, auch für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurden. Im Einzelfall muß über die Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums entschieden werden. Das gilt für die Vervielfältigung durch alle Verfahren einschließlich Speicherung und jede Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platten und andere Medien.

ISBN-13: 978-3-528-08659-6

Inhalt

Vorwort	9
1 Einleitung	11
2 Werkstoffe	19
2.1 Aufbau	19
2.1.1 Gitteraufbau unlegiert	20
2.1.2 Gitteraufbau legiert	21
2.2 Legierungen für den konstruktiven Ingenieurbau	25
2.2.1 Regellegerungen für den konstruktiven Ingenieurbau	26
2.3 Herstellung	28
2.3.1 Gewalzte Halbzeuge, Bleche	31
2.3.2 Strangpreßprofile	32
2.4 Physikalische Eigenschaften	35
2.5 Korrosionsverhalten	35
<i>Gleichmäßiger Oberflächenangriff</i>	37
<i>Lochfraß</i>	37
<i>Interkristalline Korrosion</i>	37
<i>Spannungsrißkorrosion, Korrosionsermüdung</i>	38
<i>Schichtkorrosion</i>	38
<i>Kontaktkorrosion</i>	38
3 Fertigung	39
3.1 Werkstatteinrichtungen	39
3.1.1 Allgemeine Forderungen an die Werkstatt	39
3.1.2 Maschinen und Werkzeuge für die Vorbereitung der Werkstücke zum Schweißen	40
3.1.3 Schweißwerkstatt	41

3.2	Schweißverfahren	43
3.2.1	Eignung der wichtigsten Schmelzschweißverfahren	43
3.2.2	Gasschweißen	44
3.2.3	Lichtbogenhandschweißen	50
3.2.4	Wolfram-Schutzgasschweißen	52
3.2.5	Metall-Schutzgasschweißen	61
3.2.6	Preßschweißen	73
3.2.7	Widerstandspreßschweißen	73
3.3	Schweißzusätze	77
3.4	Vor- und Nachbehandlung der Werkstücke zum Schweißen	78
3.4.1	Vorbehandlung	78
3.4.2	Nachbehandlung	79
4	Eigenschaften und Verhalten von Schweißverbindungen	80
4.1	Festigkeit bei vorwiegend ruhender Belastung	81
	<i>Stumpfnah-Verbindungen</i>	81
	<i>Kehlnah-Verbindungen</i>	85
4.2	Festigkeit bei schwingender Beanspruchung	85
4.3	Einfluß von Imperfektionen	94
4.3.1	Risse	95
4.3.2	Mangelhaftes Durchschweißen	95
4.3.3	Bindefehler	96
4.3.4	Porosität	97
4.3.5	Einschlüsse	98
4.3.6	Nahtüberwölbung	99
4.3.7	Exzentrizität	100
4.3.8	Metallurgisch bedingte Störstellen	101
4.4	Einfluß von Korrosion	102
4.5	Einfluß von Temperatur	103
	<i>Höhere Temperaturen</i>	104
	<i>Tiefe Temperaturen</i>	104
4.6	Kerbschlagzähigkeit	104
4.7	Bruchverhalten	106

5	Werkstoffprüfung	109
5.1	Mechanisch-technologische Werkstoffprüfung	109
5.1.1	Festigkeitsprüfung	109
	<i>Kraft-Verlängerungs-Diagramm</i>	110
	<i>Zugfestigkeit R_m</i>	111
	<i>Formdehngrenzen</i>	111
	<i>Bruchdehnung</i>	111
	<i>Quereinschnürung</i>	112
	<i>Elastizitätsmodul</i>	113
	<i>Zugversuche quer zu Aluminium-Schweißverbindungen</i>	113
5.1.2	Prüfung des plastischen Verformungsvermögens	115
5.1.3	Härteprüfung	116
	<i>Brinellprüfung</i>	117
5.2	Korrosionsprüfungen	119
5.2.1	Naturversuch	120
5.2.2	Chemische Korrosionsuntersuchungen ohne zusätzliche mechanische Beanspruchung DIN 50 905 (Teil 1 bis 4)	120
5.2.3	Korrosionsprüfung von Leichtmetallen mit zusätzlicher mechanischer Beanspruchung DIN 50 908	121
5.3	Metallographische Prüfverfahren	121
	<i>Makroskopische Arbeitsverfahren</i>	122
5.4	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	125
5.4.1	Durchstrahlungsprüfung	126
5.4.2	Ultraschallprüfung	128
5.4.3	Farbeindringverfahren	129
5.5	Verwechslungsprüfungen	130
5.6	Gütesicherung	131
6	Berechnung und Gestaltung	133
6.1	Berechnungsgrundlagen	134
6.1.1	Festigkeit, Werkstoffkennwerte	134
6.1.2	Sicherheit und zulässige Beanspruchungen	134
6.2	Berechnung bei vorwiegend ruhender Belastung nach E DIN 4113 T2	136
6.2.1	Werkstoffe	137
6.2.2	Lastannahmen	139
6.2.3	Berechnungsgrundsätze	139

6.2.4 Bemessungsnachweise	140
6.2.5 Allgemeiner Spannungsnachweis	141
6.2.6 Kombination von Schweißnähten mit anderen Verbindungsmitteln	144
6.2.7 Stabilitätsnachweise	144
6.3 Tragfähigkeit von geschweißten Bauteilen	157
6.3.1 Anschlüsse und Stöße	157
6.3.2 Tragfähigkeit von Druckstäben mit Längs- und Quernähten	162
6.4 Berechnungsbeispiele	170
6.4.1 Geschweißter Fachwerkknoten	170
6.4.2 T-Profil mit Längsnaht	176
6.4.3 T-Profil mit Quernaht	179
6.4.4 Rohrstütze mit Quernaht an der Einspannstelle	182
6.4.5 Kastenträger mit schwingender Belastung	186
6.4.6 Biegesteifer Anschluß mit Kehlnähten	194
6.5 Berechnung bei wiederholter Belastung	195
6.5.1 Lastannahmen und Sicherheiten für Schienenfahrzeuge	197
6.5.2 ASCE Proceedings 3341	197
6.5.3 British Standard CP 118; 1969	198
6.6 Grundsätze der Gestaltung	200
7 Anhang	203
Zusammenstellung der wichtigsten Normen	203
Literaturverzeichnis	209
Sachwortverzeichnis	214

Vorwort

Dieses Buch wurde mit der Absicht geschrieben, Eigenschaften, Kennwerte, Formeln und Prinzipien bei Konstruktion und Berechnung von geschweißten Aluminium-Konstruktionen zusammenzustellen. Es ist bestimmt als Arbeits- und Entscheidungshilfe für den Ingenieur in der Praxis, aber auch als Lehrbuch für Studenten des konstruktiven Ingenieurbaus.

Obwohl heute Aluminium nach Stahl das am meisten verwendete Metall ist, tragen Ausbildungspläne und -möglichkeiten diesem Zustand nur unzureichend Rechnung. Andererseits erscheint demnächst die Neufassung der DIN 4113 T1 und T2 „Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung – Konstruktion und Berechnung“. Der Schwerpunkt dieses Buches liegt dementsprechend in der Beschreibung des Tragverhaltens geschweißter Aluminiumbauteile sowie der Erläuterung und Ergänzung entsprechender Richtlinien zur Bemessung und Gestaltung. Es wird keine enzyklopädische Darstellung sämtlicher Daten über Aluminium vorgenommen. Hierzu gibt es sehr gute Nachschlagwerke mit einer Fülle von Informationen über spezielle Gebiete. Es wird vielmehr versucht, den Erfordernissen der Lehre und der Anwendung in der Praxis in übersichtlicher Weise zu entsprechen, wobei insbesondere Konstruktionen des Bauwesens betrachtet werden. Die beschriebenen Eigenschaften, die Ausführung und das Verhalten der geschweißten Verbindungen, verschiedene Bemessungsregeln können jedoch im Prinzip für Konstruktionen des Verkehrswesens sowie des Behälter- und Apparatebaus übernommen werden.

Kapitel 1 stellt eine kurze Einleitung zum Thema der geschweißten Aluminiumkonstruktionen dar. Eine Beschreibung des Werkstoffes Aluminium, seines Gefügebauaufbaus, seiner Legierungen und des Halbzeugs für den konstruktiven Ingenieurbau sowie wichtige physikalische Eigenschaften sind im Kapitel 2 (G. Steidl) behandelt. Die Fertigung von geschweißten Aluminiumkonstruktionen mit ausführlichen Angaben zu der Werkstatteinrichtung, den Schweißverfahren, Schweißparametern, Arbeitsregeln beim Schweißen sowie Vor- und Nachbehandlungen von Schweißverbindungen folgt in Kapitel 3 (W. D. Strippelmann), wobei hier Erfahrungen aus der Ausbildungspraxis an einer Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt miteingeflossen sind. Der wichtige Bereich der Gütesicherung geschweißter Bauteile bedarf immer als Hilfsmittel der Werkstoffprüfung. Erfahrungen aus der Praxis bei einer sog. anerkannten Prüfanstalt wurden bei Zusammenstellung und Bewertung der mechanisch-technologischen Prüfverfahren sowie der metallographischen und zerstörungsfreien Prüfungen unter Kapitel 5 (G. Steidl) berücksichtigt.

Die Eigenschaften und das Verhalten von geschweißten Aluminiumverbindungen werden unter Kapitel 4 (D. Kosteas) behandelt. Für das betriebssichere Bemessen von Aluminiumkonstruktionen ist die Veränderung des Werkstoffverhaltens unter Schweißbedingungen von Bedeutung. Imperfektionen bei Schweißverbindungen der Praxis und ihr quantitativer Einfluß auf die Festigkeit werden aus einer umfassenden Literaturlauswertung erläutert. Im Zuge der technischen Entwicklung wird hier auch ein erster Versuch unternommen, das Festigkeitsverhalten auch unter schwingender Beanspruchung in Abhängigkeit vom Werkstoff und der konstruktiven Gestaltung (Schweißnahtform) ausführlicher zu beschreiben. Besonders im Leichtmetallbau mit optimal dimensionierten tragenden Querschnitten und damit relativ hohen Nennspannungen der Ermüdungsbelastungen ist das Erfassen der Betriebsfestigkeit sehr wichtig. Erläuterungen zur DIN 4113 mit ausführlichen Rechenschemata zu den Festigkeitsnachweisen, Diagrammen zur Tragfähigkeit geschweißter Verbindungen und Bauteile, z.B. Druckstäbe, folgen im Kapitel 6 (D. Kosteas), wobei wiederum der wiederholten Belastung besondere Bedeutung geschenkt wird und verschiedene einschlägige Richtlinien aufgeführt werden.

Bei der Zusammenstellung der Daten zu diesen beiden Kapiteln wurden Erfahrungen eines Vorlesungszyklus' im Leichtmetallbau für Bauingenieure an der Universität Karlsruhe sowie aus der Mitarbeit in den Fachnormausschüssen zur DIN 4113 mitberücksichtigt. Wir bedauern, auf den Abdruck der DIN 4113 T2 „Geschweißte Aluminium-Konstruktionen“ verzichten zu müssen, da dieser Teil bis heute noch nicht in endgültiger Fassung vorlag. Änderungen wären bei einer redaktionellen Revision nicht auszuschließen; diese würden jedoch die Gültigkeit der hier dargestellten Prinzipien und Festigkeitsnachweise keineswegs einschränken. Besonders den Erfordernissen der Lehre entsprechend sind die detaillierten Rechnungsbeispiele im Hauptabschnitt 6.4 als Anwendungsfälle zu DIN 4113 T2 zu verstehen. Entsprechend den einzelnen Kapiteln des Buches, folgt in Kapitel 7 ein Literaturverzeichnis, aus dem der interessierte Leser weitere Literatur, insbesondere für die Belange des konstruktiven Ingenieurbaus entnehmen kann.

Wir hoffen mit diesem Buch einen Beitrag in der Lehre und bei der Anwendung von Aluminiumkonstruktionen liefern zu können; wobei auch der Versuch unternommen wurde, neben anerkannten Regeln auch einige Tendenzen künftiger Entwicklung aufzuzeigen. Die Verfasser danken allen Kollegen und Mitarbeitern, die zum Entstehen dieses Werkes beigetragen haben. Dem Vieweg-Verlag sprechen wir unseren besonderen Dank aus für die freundliche Beratung und den sorgfältigen Druck.

Karlsruhe, Juli 1978

Der Herausgeber