

Selbstpassivierende Werkstoffe

0. Inhalt

<u>0.</u>	<u>Inhalt</u>	<u>1</u>
<u>1.</u>	<u>Allgemeines</u>	<u>1</u>
<u>2.</u>	<u>Grundlagen</u>	<u>2</u>
<u>3.</u>	<u>Wetterfester Baustahl</u>	<u>2</u>
3.1	Allgemeines	2
3.2	Bezeichnung und Eigenschaften	3
3.3	Einsatz	4
<u>4.</u>	<u>Hochlegierte Chrom-Nickel-Stähle</u>	<u>4</u>
4.1	Allgemeines	4
4.2	Eigenschaften / Passivierungsmechanismus	5
4.3	Normung	5
4.4	1.4301 („V2A“)	6
4.5	1.4541 („V2A“)	6
4.6	1.4571 („V4A“)	6
4.7	1.4404 („V4A“)	6
4.8	1.4539	6
4.9	Kosten / Verfügbarkeit	7
<u>5.</u>	<u>Aluminium</u>	<u>7</u>
<u>6.</u>	<u>Bewertung</u>	<u>7</u>
<u>7.</u>	<u>Quellen</u>	<u>7</u>
7.1	Normen und Regelwerke	7
7.2	Fachliteratur	8
7.3	Sonstige	9

1. Allgemeines

Kurzbeschreibung

Darstellung selbstpassivierender Werkstoffe im Bauwesen:

„Wetterfeste“ Baustähle, „Nichtrostende“ Stähle, Aluminium

Einordnung

Stahlbau – Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Selbstpassivierende Werkstoffe

Lernziele

Selbstpassivierende Werkstoffe und deren Passivierungsmechanismen kennen lernen

Einschränkungen, Abgrenzung

– keine –

2. Grundlagen

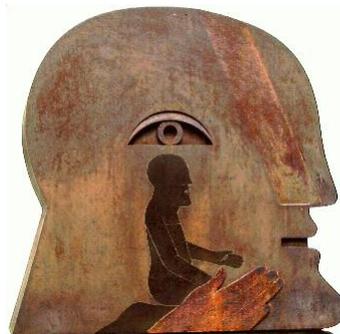
Baustoffkunde

Zusammensetzung von Stählen, Oxidationsmechanismen von Stahl und Aluminium;
mein Skript Korrosion

Korrosion

3. Wetterfester Baustahl

3.1 Allgemeines



ANTES-Kopf. www.uni-regensburg.de

„Wetterfeste“ Baustähle waren in den 70er Jahren in der Architektur modern. Man wollte mit dem „natürlichen“ Aussehen des Materials arbeiten und hoffte auf eine Rostschicht, die – im Gegensatz zu „normalen“ Stählen – in der Atmosphäre beständig ist („Patina“).



Fassade des Gebäudes des LFU, Karlsruhe, Hertzstraße (heute LUBW)

Quelle: www.home.eper.de

In dieser Zeit wurden wetterfeste Baustähle auch häufig im Stahlschornsteinbau eingesetzt, z.B. beim Gasturbinenkraftwerk in Gersthofen.

Ein interessanter historischer Abriss ist in <http://de.wikipedia.org/wiki/COR-TEN-Stahl> enthalten.

3.2 Bezeichnung und Eigenschaften

Nach den unterschiedlichen Normen über Stahlwerkstoffe hatten die Stähle die unterschiedlichsten Bezeichnungen, die z.T. immer noch durch Ausschreibungen geistern:

- WSt 37-2, WSt 52-3
- WTStE 235 (1.8961), WTStE 355 (1.8963) nach DIN 17102
- S235 J2 W, S355 J2 G1 W nach EN 10155
- COR-TEN A (WTStE 235), COR-TEN B (WTStE 355) als Handelsnamen
- S235J2W (1.8961), S355J2W (1.8965) nach EN 10025-5

Die „wetterfesten“ Eigenschaften werden erreicht durch Zulegieren von 0,4-1,25 % Cr und 0,25-0,55 % Cu. Die Patina hat einen charakteristischen Lila-Stich.

3.3 Einsatz

Im mitteleuropäischen Klima war (in den 70er Jahren) durch die Luftverschmutzung das Regenwasser so aggressiv (schwefelige Säure H_2SO_3 aus Schwefeldioxid SO_2 und Wasser), dass die Patina abgetragen wurde, wenn auch langsam. Die Folge war eine ständige Braunfärbung der Kiesbankette unter den Fassaden, die mit „wetterfesten“ Baustellen gebaut wurden. Die Belastung der Atmosphäre ist zwischenzeitlich sicher geringer geworden, das Interesse der Architektur an „wetterfesten“ Stählen ist jedoch zurückgegangen.

Wetterfeste Stähle wurden z.T. auch im Brückenbau eingesetzt, erfordern jedoch in der Detail-Planung eine sehr konsequente Vermeidung von möglichen Schmutz- und Wassertaschen (Fischer 1994, Lang/Leber 2002).

Z.B. sollen die Unterflansche von I-Profilen geneigt werden, damit dort kein Wasser stehen bleibt. Dies bedeutet einen vergleichsweise hohen Fertigungsaufwand.

4. Hochlegierte Chrom-Nickel-Stähle

4.1 Allgemeines

Diese Werkstoffe sind in Deutschland unter den Begriffen „V2A-“ und „V4A-“Stahl bekannt, was auf Handelsnamen der Fa. Krupp aus den 30er Jahren zurück geht. Da diese Bezeichnungen nicht präzise sind, und mehrere Legierungen umfassen, benutzt man unter Edelstahlverarbeitern die Werkstoffnummern „1.4301“ oder „1.4571“ oder man sagt salopp „4301“ bzw. „4571“:

Die Bezeichnung „nichtrostender Stahl“ ist aus technischer Sicht grob irreführend. Dass sich der Begriff in der Öffentlichkeit so eingebürgert hat, kann nur als Zeichen erfolgreicher Lobby-Arbeit gedeutet werden.

Auch der Begriff „Edelstahl“ ist aus technischer Sicht nicht (mehr) richtig, da in der Werkstoffkunde der Begriff „Edelstahl“ heute ganz allgemein als Gegensatz zum Begriff „Massenstahl“ gesehen wird, und keine spezifische Eigenschaft beschreibt.

Der englische Begriff „stainless steel“ ist nicht so irreführend, da „stainless“ in der Grundbedeutung „ohne Flecken“ bedeutet.

4.2 Eigenschaften / Passivierungsmechanismus

Durch einen Chromanteil von mindestens 13 % in „nichtrostenden“ Stählen (z.B. bei Waschmaschinentrommeln und „Edelstahlspülen“) lagert sich an der Oberfläche der Stähle eine aus mehreren Lagen bestehende Schicht aus atomarem Sauerstoff an. Dieser befindet sich in dynamischem Gleichgewicht mit dem Sauerstoffangebot aus der Umgebung (gasförmig oder gelöst in Wasser), so dass eine ständige Belüftung oder ein Sauerstoffgehalt in wässrigem Medium von mindestens 200 ppm erforderlich ist (Steidl 2005).

Durch Zugabe von 8-10 %Ni werden die Stähle austenitisch, d.h. sie haben auch bei Raumtemperatur ein kubisch-flächenzentriertes Gitter. Dadurch haben sie interessante technologische Eigenschaften: sie haben eine hohe Dehnfähigkeit und auch bei tiefen Temperaturen hohe Kerbschlagwerte („kaltzäh“).

Eine Verunreinigung an der Oberfläche des Werkstoffes kann schon genügen, um den Passivierungsmechanismus zu stören. Der „nichtrostende Stahl“ rostet dann wie ein üblicher Eisenwerkstoff.

Zu den Verunreinigungen gehören auch die Anlauffarben (Oxidschichten), die beim Schweißen entstehen, und möglicherweise nicht vollständig entfernt werden (siehe Steidl / Stibbe / Knödel 2010). In der chemischen Industrie oder der Lebensmittelindustrie wird aus hygienischen Gründen ein vollständiges Entfernen der Anlauffarben zwingend gefordert.

Bei Anwendungen im Bauwesen, z.B. im Stahlschornsteinbau, geht man heute davon aus, dass hellgelbe Anlauffarben die Korrosionsbeständigkeit nicht unzulässig herabsetzen (Finke et al. 1999).

4.3 Normung

Die Zusammensetzung der nichtrostenden Stähle ist in der Normenreihe DIN EN 10088 geregelt („Technische Lieferbedingungen“).

Im bauaufsichtlichen Bereich wird der Werkstoff nach den Bestimmungen der „allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 eingesetzt. Im Stahlschornsteinbau gelten darüber hinaus fachspezifisch weitere Regeln nach DIN 4133.

4.4 1.4301 („V2A“)

„18-8“ Chrom-Nickel-Stahl

Analyse nach DIN EN 10088-2: 17-19,5 % Cr, 8-10,5 % Ni

Ist gegen Chloride nicht beständig.

Erfahrungsgemäß ist dieser Werkstoff schon gegen „normalen“ atmosphärischen Angriff nicht beständig, wenn die Oberfläche verschmutzt ist.

4.5 1.4541 („V2A“)

„18-10“ Chrom-Nickel-Stahl

Analyse nach DIN EN 10088-2: 17-19 % Cr, 9-12 % Ni

Eigenschaften vergleichbar mit 1.4301.

4.6 1.4571 („V4A“)

„18-10“ Chrom-Nickel-Stahl

Analyse nach DIN EN 10088-2: 16,5-18,5 % Cr, 10,5-13,5 % Ni, 2-2,5 % Mo

Ist mit den Obergrenzen des Chrom- und Molybdän-Gehaltes nach DIN EN 10088 gegen Chloride beständig, nicht jedoch mit den in den technischen Lieferbedingungen angegebenen Untergrenzen.

4.7 1.4404 („V4A“)

„18-10“ Chrom-Nickel-Stahl

Analyse nach DIN EN 10088-2: 16,5-18,5 % Cr, 10,0-13,0 % Ni, 2-2,5 % Mo

Eigenschaften vergleichbar mit 1.4571.

4.8 1.4539

Analyse nach EN 10088: 19-21 % Cr, 24-26 % Ni, 4-5 % Mo

Ist gegen Chloride beständig, jedoch sehr kostspielig und u.U. erst nach langen Lieferzeiten verfügbar.

4.9 Kosten / Verfügbarkeit

Hinsichtlich der Materialkosten kann grob vereinfachend mit Werkstoffpreisen (effektiv)

Baustahl – 1.4301 – 1.4571 – 1.4539

von (EUR/kg)

0,70-0,80 – 4,50 – 6,50 – 15

gerechnet werden, dies entspricht einem Verhältnis von

1 – 6 – 9 – 20 .

Die angegebenen Preise wurden im März 2007 bei einem Verarbeitungsbetrieb von Nichtrostenden Stählen erfragt, sie unterliegen derzeit Tagesschwankungen.

Die Verfügbarkeit der ersten drei genannten Werkstoffe ist sowohl für Bleche wie auch für Gewindestangen „kurzfristig ab Lager“, bei 1.4539 können ggfs. Lieferzeiten von 8 bis 12 Wochen auftreten.

5. Aluminium

– wird noch nachgetragen –

6. Bewertung

– wird noch nachgetragen –

7. Quellen

7.1 Normen und Regelwerke

- [1] DIN V ENV 1999 (EC9): Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumbauten.
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln; Bemessungsregeln für Hochbauten. 2000-10.
Teil 1-2: Allgemeine Regeln; Tragwerksbemessung für den Brandfall. 1999-10.
Teil 2: Ermüdungsanfällige Tragwerke. 2001-03.
- [2] prEN 1999 (EC9): Eurocode 9: Design of aluminium structures.
Part 1-1: General structural rules. (Draft May 2004)
Part 1-3: Structures susceptible to fatigue. (Draft August 2004)

- [3] DIN 4133: Schornsteine aus Stahl. November 1991. (siehe auch EN 13084)
- [4] DIN EN 10025: Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen.
Hot rolled products of structural steels.
Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle. Februar 2005.
Part 5: Technical delivery conditions for structural steels with improved atmospheric corrosion resistance; German version EN 10025-5:2004.
- [5] DIN EN 10088: Nichtrostende Stähle.
Teil 1:2005-09 Verzeichnis der nichtrostenden Stähle (Deutsche Fassung EN 10088-1:2005).
Teil 2:2005-09 Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung (Deutsche Fassung EN 10088-2:2005)
Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung (Deutsche Fassung EN 10088-3:2005)
Teil 4 (Entwurf):2006-01 Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für das Bauwesen (Deutsche Fassung prEN 10088-4:2005)
Teil 5 (Entwurf):2006-01 Technische Lieferbedingungen für Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für das Bauwesen (Deutsche Fassung prEN 10088-5:2005)
- [6] DIN EN 13084: Freistehende Schornsteine.
Teil 1: Allgemeine Anforderungen. 2001-04.
Teil 6: Innenrohre aus Stahl – Bemessung und Ausführung. Deutsche Fassung EN 13084-6:2004. März 2005.
Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl. Deutsche Fassung EN 13084-7:2005. Juni 2006.
(siehe auch DIN 4133)
- [7] ERSTE Zulassung am 31.05.1974.
(Fußnote in Zulassung vom 05.12.2003)
- [8] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6: Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 20.04.09. Geltungsdauer bis 30.04.2014.
Sonderdruck 862, Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf
www.edelstahl-rostfrei.de

7.2 Fachliteratur

- [9] Finke, M., Pries, H., Wohlfahrt, H.: Aufbau und Korrosionsanfälligkeit der Oxidschichten bei CrNi-Stählen. 4. VSA-Symposium, Bad Kissingen, 29.04.99, Tagungsband. Industrieverband Schornsteinbau und Abgastechnik e.V. (VSA), Postfach 10 17 40, 75117 Pforzheim.
- [10] Fischer, M.: Wetterfester Baustahl und seine werkstoffgerechte Anwendung. Deutscher Ausschuss für Stahlbau, Neues aus Forschung, Entwicklung und Normung,

Vorträge der Fachsitzung I, Deutscher Stahlbautag Bonn 1994, Bericht aus Forschung, Entwicklung und Normung 19/1994.

- [11] Garz, I., Göllner, J., Schultze, S.: Einfluß der Anlaufschichten auf das Korrosionsverhalten von hochlegierten Chrom-Nickel-Stählen. Schweissen&Schneiden 48 (1996) Heft 1, S. 62-64.
- [12] Lang, T. P., Leber, J.-P.: Brücken aus wetterfestem Stahl. tec21 24/2002 (Schweiz)
www.tec21.ch/pdf/tec21_242002808.pdf (15.06.07)
- [13] Steidl, F., Stibbe, R., Knödel, P.: Anlauffarben im Bauwesen – immer wieder strittig. Große Schweißtechnische Tagung, Nürnberg 2010. DVS-Berichte Band 267, S. 288-296, DVS Media GmbH, Düsseldorf 2010.

7.3 Sonstige

- [14] Knödel, P.: Lehrunterlagen Stahlbau an der Fachhochschule Augsburg, herunterladbar über <http://www.peterknoedel.de/lehre/lehre.htm>, laufend aktualisiert.
Skriptum zu
Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Beschichtung
Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Selbstpassivierende Werkstoffe
Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Korrosion
- [15] Steidl, G.: Persönliche Mitteilung an P. Knödel, 22.09.05.
- [16] Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER), Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf, www.edelstahl-rostfrei.de
- [17] Chemische Beständigkeit der NIROSTA-Stähle. Ausgabe 2, Stand 02/2003. ThyssenKrupp Nirosta GmbH. Oberschlesienstr. 16, D-47794 Krefeld. www.nirosta.de.