

Meerwasserbeständigkeit von → Aluminiumknetlegierungen

1 Allgemeines

Der Begriff der Meerwasserbeständigkeit stammt aus dem Bereich Schiffbau und Meerestechnik. Er ist als solcher nicht weiter definiert, aber dennoch als Werkstoffgröße zu verstehen. Diese besagt, dass sich die betreffende Legierung aufgrund der Festigkeit als Konstruktionswerkstoff eignet, dass sie zudem schweißbar ist und ein gutes Korrosionsverhalten gegenüber Meerwasser besitzt. Die Eigenschaft „Meerwasserbeständigkeit“ schließt daher das Auftreten von Korrosionsarten nicht aus. Der Germanische Lloyd und die DIN 81249-1 benutzen den Begriff "seewassergeeignet", was der tatsächlichen Situation näher kommt und keine Beständigkeit impliziert. Ein Werkstoff gilt nach DIN 81249-1 als seewassergeeignet, wenn das aus ihm werkstoffgerecht hergestellte Bauteil beim Einsatz im Meerwasser keinen Korrosionsschaden innerhalb der geplanten Nutzungsdauer erwarten lässt. Die seewassergeeigneten Knetlegierungen, die ein gutes Korrosionsverhalten zeigen, sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Bei der Auswahl der Werkstoffe und Konstruktion sind die einschlägigen Normen, wie zum Beispiel die EN 1999, die EN 13195-1 und die einschlägigen Bestimmungen der Klassifizierungsgesellschaften im Schiffbau zu beachten.

Tabelle 1: Aluminiumknetlegierungen, die für den Einsatz im maritimen Bereich nach DIN 81249-1 geeignet nach sind.

EN AW-1080A	[Al 99,8 (A)]
EN AW-1070A	[Al 99,7]
EN AW-1050A	[Al 99,5]*
EN AW-1200A	[Al 99,0]
EN AW-3103	[Al Mn1]
EN AW-3003	[Al Mn1Cu]
EN AW-3105	[Al Mn0,5Mg0,5]
EN AW-3005	[Al Mn1Mg0,5]*
EN AW-3004	[Al Mn1Mg1]
EN AW-5005	[Al Mg1(B)]
EN AW-5005A	[Al Mg1(C)]
EN AW-5051A	[Al Mg2 (B)]
EN AW-5052	[Al Mg2,5] **
EN AW-5754	[Al Mg3]* **
EN AW-5154	[Al Mg 3,5]
EN AW-5082	[Al Mg4,5]*
EN AW-5019	[Al Mg5]
EN AW-5251	[Al Mg2]
EN AW-5049	[Al Mg2Mn0,8]*
EN AW-5059	[Al Mg5,5MnZnZr]
EN AW-5454	[Al Mg3Mn]* **
EN AW 5456	[Al Mg5Mn1] **
EN AW-5086	[Al Mg4] **
EN AW-5083	[Al Mg4,5Mn0,7]* **
EN AW-5383	[Al Mg4,5Mn0,7] **
EN AW-5182	[Al Mg4,5Mn0,4]
EN AW 6005	[Al SiMg]
EN AW-6060	[Al MgSi]* **
EN AW-6063	[Al Mg0,7Si] **
EN AW-6106	[Al MgSiMn] **
EN AW-6005A	[Al SiMg(A)]* **
EN AW-6082	[Al Si1MgMn]* **
EN AW-6061	[Al Mg1SiCu]*
EN AW-6012	[Al MgSi1Pb]
EN AW-7020	[Al Zn4,5Mg1]* ***

* Legierungen, die bevorzugt im maritimen Bereich angewendet werden

** Knetlegierungen für Schiffbau, Meeres- und Offshoretechnik nach EN 13195

*** Nur im Zustand „warmausgehärtet“

2 Korrosionsverhalten von Aluminiumlegierungen in Meerwasser und Meerwasseratmosphäre

Korrosionsverhalten, Korrosionsgeschwindigkeit und Auftreten der einzelnen Korrosionsarten sind abhängig vom Werkstoff und dessen Zustand, von der Konstruktion und den Betriebsbedingungen. Bei den Betriebsbedingungen muss unterschieden werden, ob das Bauteil in der Dauertauchzone, der Wechseltauchzone, Spritzwasserzone oder in der maritimen Atmosphäre eingesetzt wird. Ferner sind Bewegung und Temperatur wichtige Einflussparameter.

Vorwiegend treten folgende Korrosionsarten auf:

- Gleichmäßige Flächenkorrosion
- Muldenkorrosion
- Lochkorrosion
- Spaltkorrosion
- Interkristalline Korrosion

Auf die gleichmäßige Flächenkorrosion wird im Folgenden nicht weiter eingegangen, da auf Grund der Passivierung der Oberfläche durch die Oxidschichtbildung die gleichmäßige Flächenkorrosion von untergeordneter Bedeutung ist.

2.1 Loch- und Muldenkorrosion

2.1.1 Meeresatmosphäre

Es tritt Loch- und Muldenkorrosion bei den in Tabelle 1 genannten Legierungen auf. Die Angriffstiefe wächst in den ersten zwei Jahren relativ schnell an, vergrößert sich aber in den folgenden Jahren nur wenig und bleibt auf wenige 1/10 mm begrenzt. Werden keine dekorativen Ansprüche an das Bauteil gestellt, so ist in der Regel kein Korrosionsschutz erforderlich. Die Metalloberfläche kann durch festhaftende Korrosionsprodukte ein pockenartiges Aussehen annehmen.

2.1.2 Meerwasser

Die in der Tabelle 1 aufgeführten Legierungen vom Typ Al, AlMg und AlMgMn zählen zu den besonders korrosionsresistenten Legierungen. Das Korrosionsverhalten der aufgeführten und aushärtbaren Al MgSi-Legierungen ist im maritimen Bereich gut. Ein besseres Korrosionsverhalten zeigen diese Legierungen im kaltausgehärteten Zustand. Die Legierung [Al Zn4,5Mn1] zeigt im warmausgehärteten Zustand ein zufriedenstellendes Korrosionsverhalten. Sie sollte deshalb nur in diesem Werkstoffzustand angewendet werden.

Bei einer Dauertauchbeanspruchung setzt ein massiver Bewuchs ein. Darunter findet eine gleichmäßige Flächenkorrosion statt, die allerdings in Abhängigkeit von den Bedingungen sehr unterschiedlich sein kann (z. B. hoher Sauerstoffgehalt in der Nordsee, geringer Sauerstoffgehalt bei hohen Temperaturen im arabischen Golf).

Das Tiefenwachstum der Loch- und Muldenkorrosion in der Dauertauchzone streut bei den einzelnen Legierungen der Tabelle 1 recht stark. Anhaltswerte sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Tiefenwachstum bei Loch- und Muldenkorrosion [2]

Legierungstyp	Tiefenwachstum mm/a
Al	0,0025 bis 0,75
Al Mg, Al Mn, Al MgMn	0,03 bis 1,0
Al MgSi	0,05 bis 0,1
Al Zn4,5Mg1	0,02 bis 1,2

Das Ausmaß und die Tiefe der loch- und muldenförmigen Korrosionserscheinungen sind von der Dauer der Einwirkung und der zeitlichen Potenziallagen bezogen auf das Lochfraßpotenzial abhängig. Weitere Einflussparameter sind Belüftung und andere Oxidationsmittel, wie beispielsweise

Schwermetallsalze sowie die Strömungsgeschwindigkeit.

Bauteile, die in der Dauertauchzone eingesetzt werden, können durch den kathodischen Schutz, das heißt galvanische Anoden oder Fremdstrom, wirksam vor Mulden- und Lochkorrosion geschützt werden.

In der Wechseltauchzone ist eine organische Beschichtung als Korrosionsschutz empfehlenswert. Zusätzlich kann auch der kathodische Korrosionsschutz eingesetzt werden.

Werden die Bauteile nur im Spritzwasserbereich eingesetzt, kann unter Umständen auf einen zusätzlichen Korrosionsschutz verzichtet werden, wenn kein dekorativer Anspruch gestellt wird (siehe auch 2.1.1).

2.2 Spaltkorrosion

Ein kritischer Punkt sind konstruktionsbedingte Spalte und Schraublöcher, die - wenn möglich - abzudichten sind. Spalte kleiner 0,5 mm sind besonders wirksam, da sie aufgrund der Kapillarwirkung wässrige Medien einziehen, was Spaltkorrosion infolge Belüftungselementbildung verursacht. Spaltkorrosion läuft sowohl zwischen Metall-/Metall als auch zwischen Metall-/Kunststoffoberflächen ab. Spaltkorrosion kann auch zur Unterwanderung von Dichtungen führen. Spalte, die Anlass zu Spaltkorrosion geben können, sind durch sachgemäße Verarbeitung zu vermeiden.

2.3 Interkristalline Korrosion

Bei Knetlegierungen der Serie EN AW-5XXX, deren Magnesiumgehalt größer als 3 % ist, kann beim Vorliegen sensibilisierten Gefügestände interkristalline Korrosion auftreten.

3 Weiterführende Literatur und Normen

[1] Germanischer Lloyd, Klassifikations- und Bauvorschriften, II Werkstoff und Schweißtechnik, Teil 1 Metallische Werkstoffe, Hamburg, 2009

[2] DIN 81249 Korrosion von Metallen in Seewasser und Seeatmosphäre

Teil 1: Begriffe, Grundlagen

Teil 2: Freie Korrosion in Seewasser

Teil 3: Kontaktkorrosion in Seewasser

Teil 4: Korrosion in Seeatmosphäre

November 1997

[3] EN 13195-1 Aluminium und Aluminiumlegierungen Knetzeugnisse und Gussstücke für Seewasseranwendungen (Schiffbau, Meeres- und Offshoretechnik), Dezember 2013

[4] DIN EN 1999 Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken -

Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln

Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall

Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke

Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln

Teil 1-5: Schalentragwerke

[5] DIN EN 1090 Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken

Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile

Teil 3: Technische Regeln für die Ausführung von Aluminiumtragwerken

Teil 5: Technische Anforderungen an tragende, dünnwandige, kaltgeformte Bauelemente und Bauteile für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen aus Aluminium

[6] H. Meißner: Meerwasser-Naturversuche mit Aluminiumwerkstoffen im Arabischen Golf, ALUMINIUM 61, 1985

[7] W. Huppertz, D. Wieser: Elektrochemisches Verhalten von Aluminium und Möglichkeiten des Korrosionsschutzes in der Praxis, Aluminium 65, 1989

[8] W. Huppertz: Kathodischer Korrosionsschutz und Korrosionsschutz durch anodisch erzeugte Oxidschichten für Aluminiumwerkstoffe im Meerwasser, Werkstoffe und Korrosion 38, 1987

[9] V. Brücken, H. Dahmen, W. Huppertz, L. Knutsson, H. Meißner und F.J. Reker: Aluminium-Werkstoffe im Meerwasser, Aluminium 63, 1987

Ansprechpartner

Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V.

Arbeitskreis Korrosionschemie

Werner Mader

Telefon: +49-211 – 47 96 – 268

Fax: +49-211 – 47 96 – 410

E-Mail: werner.mader@alinfo.de

Internet: www.alinfo.de

Wir behalten uns sämtliche Rechte für dieses Dokument vor. Jegliche Aussagen, Angaben und Empfehlungen beruhen auf dem Kenntnisstand bei Drucklegung ohne Gewähr und Haftungsübernahme. Stand: Juni 2017