

Aluminium (Al) ist das chemische Element mit der Ordnungszahl 13. Die Bezeichnung leitet sich ab vom lateinischen Wort *alumen* für Alaun.

Im Periodensystem der Elemente gehört Aluminium zur Borgruppe, die früher auch als Gruppe der Erdmetalle bezeichnet wurde. Aluminium ist das dritthäufigste Element und häufigste Metall in der Erdkruste. Dort tritt es wegen seiner Reaktionsfreudigkeit nur in chemisch gebundenem Zustand auf.

Eigenschaften

Das reine Leichtmetall Aluminium hat aufgrund einer sich sehr schnell an der Luft bildenden dünnen Oxidschicht ein stumpfes, silbergraues Aussehen. Die undurchdringliche Oxidschicht macht reines Aluminium sehr korrosionsbeständig. Durch elektrische Oxidation (Eloxieren) oder auf chemischem Weg kann die schützende Oxidschicht verstärkt werden. Die das unedle Aluminium vor weiterer Oxidation schützende Oxidschicht kann mittels Komplexbildungsreaktionen aufgelöst werden. Einen außerordentlich stabilen und wasserlöslichen Neutralkomplex geht Aluminium in neutraler chloridischer Lösung ein.

Dies geschieht vorzugsweise an Stellen, wo die Oxidschicht des Aluminiums bereits geschädigt ist. Es kommt dort durch Bildung von Löchern zur Lochfraßkorrosion. Kann die chloridische Lösung dann an die freie Metalloberfläche treten, so laufen andere Reaktionen ab. Aluminium-Atome können unter Komplexierung oxidiert werden.

Liegen in der Lösung Ionen edlerer Metalle vor, so werden sie reduziert und am Aluminium abgeschieden. Auf diesem Prinzip beruht die Reduktion von Silberionen, die auf der Oberfläche von angelaufenem Silber als Silbersulfid vorliegen, hin zu Silber.

Aluminium reagiert heftig mit Natriumhydroxid unter Bildung von Wasserstoff. Diese Reaktion wird in chemischen Rohrreinigungsmitteln ausgenutzt. Mit Brom reagiert Aluminium bei Zimmertemperatur unter Flammerscheinung. Hierbei ist zu beachten, dass das entstehende Aluminiumbromid mit Wasser unter Bildung von Aluminiumhydroxid und Bromwasserstoffsäure reagiert.

Mit Quecksilber bildet Aluminium ein Amalgam. Wenn Quecksilber direkt mit Aluminium zusammenkommt (d. h. wenn die Aluminiumoxidschicht an dieser Stelle mechanisch zerstört wird), frisst das Quecksilber Löcher in das Aluminium; unter Wasser wächst dann darüber Aluminiumoxid in Gestalt eines kleinen Blumenkohls.

Aluminium ist ein relativ weiches und zähes Metall, die Zugfestigkeit von purem Aluminium liegt bei 49 MPa, die von seinen Legierungen bei 300–700 MPa. Seine Steifigkeit liegt je nach Legierung bei etwa 70 000 MPa. Es ist dehnbar und kann durch Auswalzen zu dünner Folie verarbeitet werden. Sogenannte Aluminium-Knetlegierungen lassen sich auch bei niedrigen Temperaturen gut verformen, biegen, pressen und schmieden. Durch Kaltverformen entstandene Spannungen können durch Weichglühen (bis 250 °C) beseitigt werden. Auch Duraluminium wird dadurch vorübergehend verformbar.

Legierungen mit 1–3 % Magnesium oder Silizium lassen sich gut gießen (Aluminium-Druckguss) und spanabhebend bearbeiten.

Aluminium bildet an Luft bei Raumtemperatur spontan eine Oxidschicht, die bei der elektrischen Kontaktierung und beim Schweißen hinderlich ist.

Bei einer Sprungtemperatur von 1,2 K wird reines Aluminium supraleitend.

Der Schmelzpunkt liegt bei 660,4 °C und der Siedepunkt bei 2467 °C. Die Dichte von 2,7 g/cm³ bei Aluminium zeigt den Typus als Leichtmetall deutlich.

Verwendung

In den letzten Jahren kam es zu einem deutlichen Preisanstieg von Aluminium am Weltmarkt (Stand Mai 2008: ca. 1800 Euro/Tonne bei 99,7% Reinheit)

Konstruktionswerkstoff

Wegen seiner geringen Dichte wird Aluminium gern dort verwendet, wo Masse eines Transportmittels mitbewegt werden muss und zum Treibstoffverbrauch beiträgt, vor allem in der Luft- und Raumfahrt. Auch im Fahrzeugbau gewinnt es aus diesem Grund an Bedeutung; hier stand bisher der hohe Materialpreis, die schlechtere Schweißbarkeit sowie die problematische Dauerbruchfestigkeit und die Verformungseigenschaften bei Unfällen (geringes Energieaufnahmevermögen in der sogenannten Knautschzone) im Wege.

In Legierungen mit Magnesium, Silicium und anderen Metallen werden Festigkeiten erreicht, die denen von Stahl nur wenig nachstehen. Daher ist die Verwendung von Aluminium zur Gewichtsreduzierung überall dort angebracht, wo Materialkosten eine untergeordnete Rolle spielen. Insbesondere im Flugzeugbau und in der Weltraumtechnik ist Aluminium und Duraluminium weit verbreitet. Der größte Teil der Struktur moderner Verkehrsflugzeuge wird aus Aluminiumblechen verschiedener Stärken und Legierungen genietet.

Aluminium lässt sich durch Strangpressen in komplizierte Profile formen, hierin liegt ein großer Vorteil bei der Fertigung von Hohlprofilen (Automatisierungstechnik, Messebau), Kühlkörperprofilen oder in der Antennentechnik.

Mit Aluminium werden Heizelemente von Bügeleisen und Kaffeemaschinen umpresst. Aluminium-Gussteile können durch Druckguss in komplizierten Formen gefertigt werden, die spanende Nachbearbeitung ist gut möglich.

Bevor es gelang, Zinkblech durch Titanzusatz korrosionsfest zu machen, wurde Aluminiumblech für Fassaden- und Dachelemente sowie Dachrinnen eingesetzt.

Verpackung und Behälter

In der Verpackungsindustrie wird Aluminium zu Getränke- und Konservendosen sowie zu Aluminiumfolie und weiteren Einwegartikeln verarbeitet. Durch Bedampfung lassen sich Folien mit einer 0,1–1 µm dünnen Schicht versehen, was eine hohe Barrierefunktion zur Folge hat. Außerdem werden Aluminiumfolien gerne in Verbundsystemen eingesetzt, beispielsweise in Tetrapacks. Aus Aluminium werden auch Kochtöpfe sowie Reise- und Militär-Geschirr hergestellt. Die Aufbewahrung und Zubereitung von säurehaltigen Lebensmitteln in Aluminiumbehältern bzw. -folie ist problematisch, da es dabei lösliche Aluminiumsalze bildet, die mit der Nahrung aufgenommen werden. Aluminiumschichten in Verpackungsmitteln werden daher häufig durch eine Kunststoffschicht geschützt. Aluminium wird für eine Vielzahl von Behältern und Gehäusen

verarbeitet, da es sich gut durch Umformen bearbeiten lässt. Gegenstände aus Aluminium werden häufig durch eine Eloxalschicht geschützt.

Optik und Lichttechnik

Aluminium wird aufgrund seines hohen Reflexionsgrades als Spiegelbeschichtung von Oberflächenspiegeln, u. a. in Scannern, Kraftfahrzeug-Scheinwerfern und Spiegelreflexkameras eingesetzt. Es reflektiert im Gegensatz zu Silber auch Ultraviolettstrahlung. Aluminium-Spiegelschichten werden meist durch eine Schutzschicht vor Korrosion und Kratzern geschützt.

Verarbeitungsverfahren

Aluminium wird meist legiert verwendet. Es gibt eine Vielzahl von Legierungen, die entweder gute Verformbarkeit oder gute Gießbarkeit und spanende Bearbeitbarkeit zeigen.

Aluminium wird durch Gießen bzw. Umformen in Aluminiumgießereien nach folgenden Gießverfahren verarbeitet:

- Sandguss
- Strangguss
- Druckguss bzw. Aluminiumdruckguss
- Feinguss
- Kokillenguss (ggf. mit Sandkern)
- Bandguss
- Sprühkompaktieren

Hierbei werden Verfahren unterschieden, die der Herstellung (fast) fertiger Bauteile dienen (z. B. Sandguss, Druckguss, Feinguss) und solchen, die Rohmaterial für die Weiterverarbeitung zu Halbzeug wie Blechen und Strangpressprofilen liefern (z. B. Strangguss). Sprühkompaktieren und Bandguss nehmen eine Sonderstellung ein.

Die Herstellung von Halbzeug oder Bauteilen geschieht aus Vormaterial wie z. B. Walzbarren, Blech oder Ronden durch Umformen:

- Strangpressen
- Walzen
- Schmieden
- Floatforming (Fließpressen)
- Tiefziehen
- Rollen

Die spanende Bearbeitung birgt die Gefahr einer Aufbauschneide und erfordert spezielle Kühlschmiermittel. Aluminium kann daher auch nur mit speziellen Schleifscheiben geschliffen werden.

Insbesondere die Bearbeitung von eloxierten Werkstücken erfordert harte Werkzeuge, um Verschleiß durch die harte Eloxalschicht zu vermeiden.

Aluminiumlegierungen

Aluminium kann im schmelzflüssigen Zustand mit Kupfer, Magnesium, Mangan, Silizium, Eisen, Titan, Beryllium, Lithium, Chrom, Zink, Zirkon und Molybdän legiert werden, um bestimmte Eigenschaften zu fördern oder andere, ungewünschte Eigenschaften zu unterdrücken.

Bei den meisten Legierungen ist jedoch die Bildung der schützenden Oxidschicht (Passivierung) stark gestört, wodurch die daraus gefertigten Bauteile teils hochgradig korrosionsgefährdet sind. Nahezu alle hochfesten Aluminiumlegierungen sind von dem Problem betroffen.

Es gibt Aluminiumknetlegierungen (AW, engl. *wrought*), zum Beispiel AlMgMn, und Aluminiumgusslegierungen (AC, engl. *cast*). Aluminiumgusslegierungen werden z. B. für Leichtmetallfelgen verwendet.

Im Allgemeinen werden Aluminiumlegierungen nach dem System der AA (Aluminum Association) bezeichnet:

- Aluminiumgusslegierungen – Herstellung von Motoren- und Getriebegehäusen. Typische Aluminiumgusslegierungen sind: AlSi, AlSiCu, AlSiMg, AlCuTi, AlMg
- Aluminiumknetlegierungen – Platten und Bandproduktion durch Warm- und Kaltumformen (Walzen, Strangpressen, Schmieden).
 - Typische "naturharte" Aluminiumknetlegierungen sind: AlMg, AlMn, AlMgMn, AlSi
 - "Aushärtbare" Knetlegierungen – Festigkeitssteigerung durch Ausscheidung von Legierungselementen bei einer zusätzlichen Alterungsglühung bei 150–190 °C. Typische "aushärtbare" Aluminiumknetlegierungen sind: AlMgSi, AlCuMg, AlZnMg, AlZnMgCu. Die erste hochfeste, aushärtbare Aluminiumlegierung AlCuMg bekam 1907 den Markennamen Duraluminium.

Verbindungen

- Aluminiumoxid Al_2O_3 (engl. *alumina*), auch als Tonerde oder Korund bekannt, liegt als weißes Pulver oder in Form sehr harter Kristalle vor. Es ist das Endprodukt des Bayer-Verfahrens und dient in erster Linie als Ausgangsmaterial für die Aluminiumgewinnung (Schmelzflusselektrolyse). Es wird darüber hinaus als Schleif- oder Poliermittel und für Uhrensteine, Ziehsteine und Düsen verwendet. In keramischer Form dient es als Isolierstoff, Konstruktionskeramik, als Substratmaterial für Dickschichtschaltkreise, als Grundplatte von Leistungshalbleitern und in transparenter Form als Entladungsgefäß von Natriumdampf-Hochdrucklampen.
- Aluminiumhydroxid $\text{Al}(\text{OH})_3$ wird ebenfalls nach dem Bayer-Verfahren gewonnen und ist das wichtigste Ausgangsmaterial zur Erzeugung anderer Al-Verbindungen, vor allem für Aluminate. Als reines Produkt wird es als Füllstoff und zum Brandschutz in Kunststoffen und Beschichtungen eingesetzt.
- Aluminiumchlorid, Polyaluminiumchlorid und Aluminiumsulfat werden vor allem als Flockungsmittel in der Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung und der Papierindustrie eingesetzt.
- Natriumaluminat $\text{NaAl}(\text{OH})_4$ wird ebenfalls als Flockungsmittel verwendet und ist weiterhin Rohstoff für die Zeolith-Produktion, Titandioxid-Beschichtung und Calciumaluminatsulfat-Herstellung.
- Alumosilikate (Zeolithe) als Ionenaustauscher, in Waschmitteln und in Lebensmitteln.
- Aluminiumkaliumsulfat-Dodecahydrat $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, bekannt als "Alaun" zum Blutstillen.
- Aluminiumdiacetat, bekannt als essigsäure Tonerde für entzündungshemmende Umschläge.
- Aluminiumorganische Verbindungen – Triethylaluminium u. v. m. – werden im großtechnischen Maßstab als Katalysatoren in der Polyethylen-Herstellung eingesetzt. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Halbleitertechnik. Hier werden flüchtige Aluminiumalkyle (Trimethylaluminium, Triethylaluminium etc.) als Vorstufen zur CVD (chemical vapor deposition)-Abscheidung von Aluminiumoxid verwendet, das man als Isolator und Ersatz für das nicht ausreichend isolierende Siliciumdioxid einsetzt.
- Bei der Aluminothermie wird Aluminium zur Gewinnung anderer Metalle und Halbmetalle verwendet (siehe auch Thermitverfahren).

- Aluminiumoxynitrid ist ein transparenter keramischer Werkstoff.
- Aluminiumnitrid ist ein Konstruktions- und Isolationswerkstoff und zeichnet sich durch sehr hohe Wärmeleitfähigkeit bei Raumtemperatur aus. Außerdem könnte die hohe Bandlücke die Anwendung als wide-bandgap-Halbleiter ermöglichen.

Unter besonderen Bedingungen tritt Aluminium auch einwertig auf. Diese Verbindungen werden zur Gewinnung von hochreinem Aluminium genutzt (Subhalogeniddestillation).