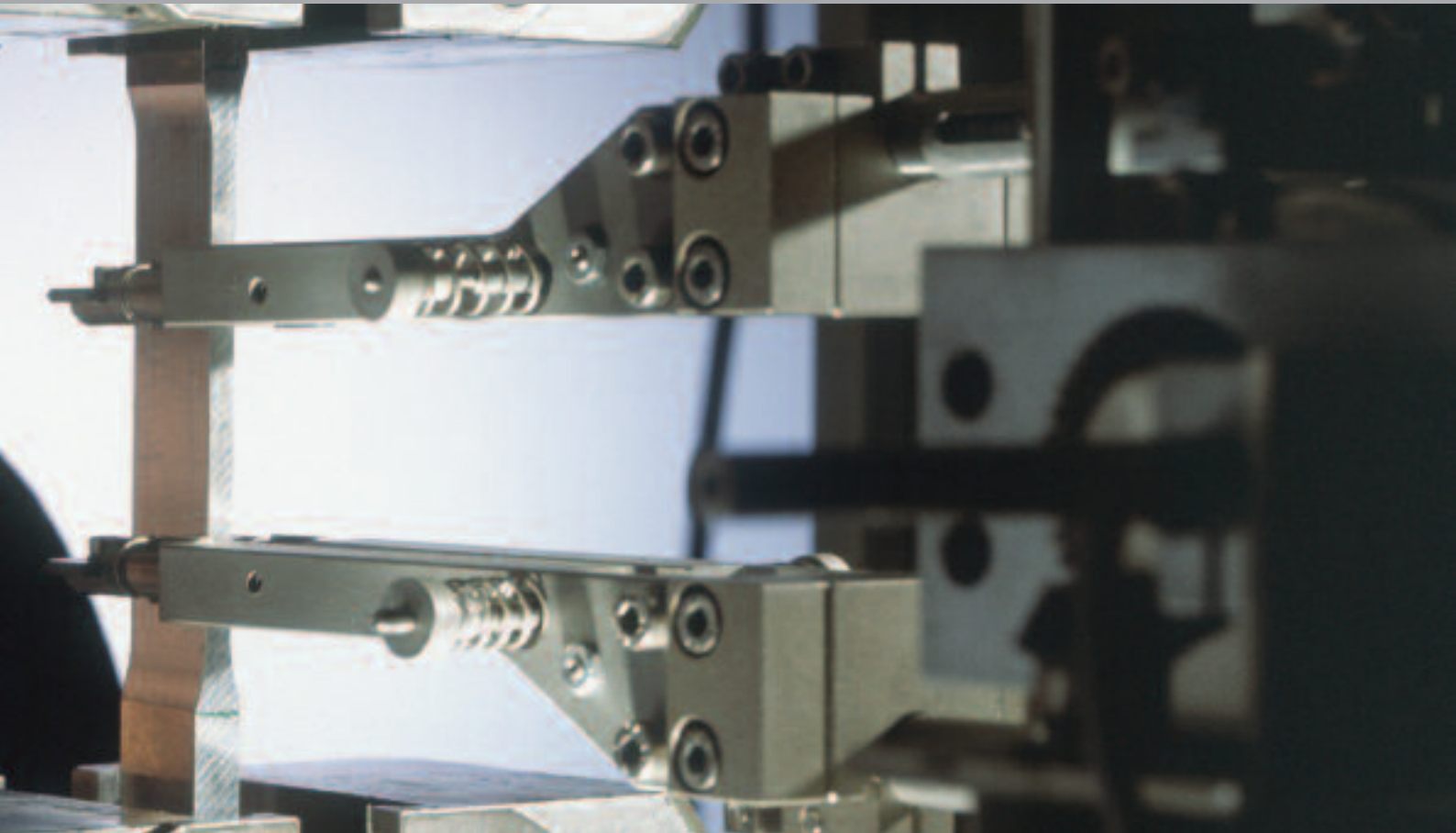


HANDBUCH DER KNETWERKSTOFFE



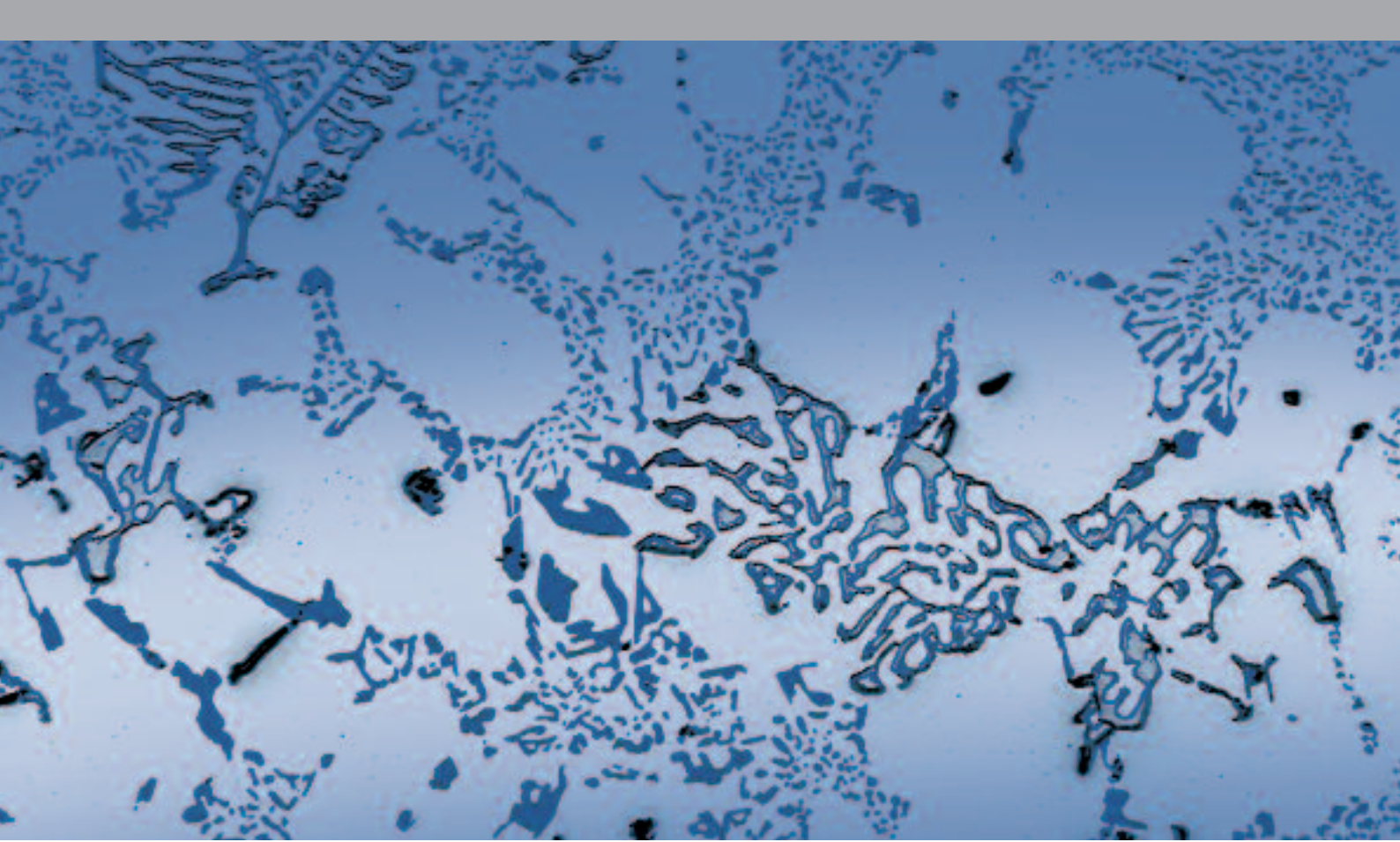
Inhalt

- 4 **Vorwort**
- 6 **Kennzeichnungssysteme EN und DIN**
- 10 **Chemische Zusammensetzungen**
- 12 **Technologische Eigenschaften**
- 14 **Physikalische Eigenschaften**
- 15 **Mechanische Eigenschaften Aluminium-Strangpressprofile**
- 16 **Mechanische Eigenschaften Aluminium-Walzprodukte**
- 20 **Umformeigenschaften**
- 22 **Schwingfestigkeit**
- 24 **Eigenschaften bei höheren und tieferen Temperaturen**
- 26 **Oberflächenbehandlungen**
- 30 **Korrosion und Korrosionsschutz**
- 32 **Wärmebehandlung**
- 34 **Lieferprogramm Walzwerk Meschede**
- 36 **Lieferprogramm Presswerk Soest**
- 38 **Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen / Zertifizierungen**



Contents

4	<i>Preface</i>
8	<i>Specification systems EN and DIN</i>
10	<i>Chemical compositions</i>
12	<i>Technological properties</i>
14	<i>Physical properties</i>
15	<i>Mechanical properties Aluminium extrusions</i>
16	<i>Mechanical properties Aluminium rolled products</i>
20	<i>Working properties</i>
22	<i>Fatigue behaviour</i>
24	<i>Properties at elevated and lower temperatures</i>
28	<i>Surface treatments</i>
31	<i>Corrosion and corrosion protection</i>
33	<i>Heat treatment of wrought alloys</i>
34	<i>Portfolio of rolling plant Meschede</i>
36	<i>Portfolio of extrusions plant Soest</i>
39	<i>Material certificates / approvals</i>



Vorwort

HONSEL, ein Unternehmen der HONSEL INTERNATIONAL TECHNOLOGIES (HIT), ist weltweit führend in der Leichtmetallverarbeitung. Mit seinen Kernaktivitäten im Bereich Automotive und Standorten in Deutschland, Frankreich, Rumänien, Spanien, Brasilien und Mexiko ist HONSEL der kompetente Entwicklungs- und Serienlieferant fast aller Automobilhersteller der Welt sowie ihrer großen Systemzulieferer.

HONSEL entwickelt und produziert hochwertige Strangpress- und Walzprodukte in allen gängigen aushärtbaren und naturharten Aluminiumlegierungen einschließlich der Glänzwerkstoffe.

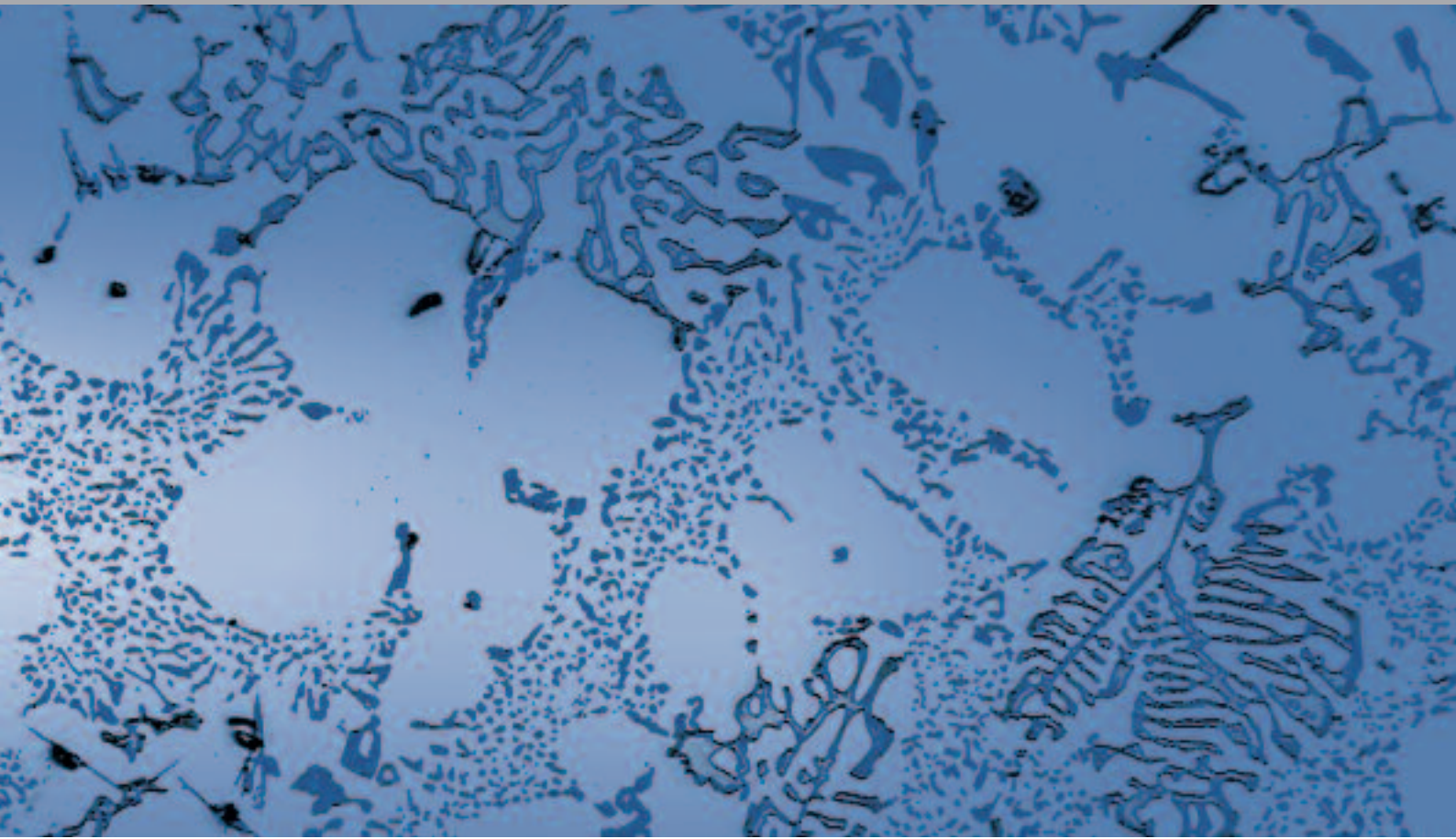
Kernfelder der Produktion und Entwicklung sind:

- ▶ Automotive
 - Motor
 - Getriebe
 - Fahrwerk
 - Karosserie
- ▶ Maschinenbau

Zu der herausragenden Stärke zählt die über viele Jahre mit den Kunden praktizierte Entwicklungskompetenz. Im Rahmen der Produktentwicklung sind wir in der Lage, Entwicklungen im Kundenauftrag durchzuführen und in direktem Kontakt mit unseren Kunden individuelle Lösungen zur Serienanwendung zu entwickeln. Hierzu wird der Kunde während des gesamten Produktionsentstehungsprozesses in die Produktentwicklung integriert und es können so Synergieeffekte genutzt werden. Dies hat zu vielen, heute in Serie dargestellten außergewöhnlichen Leichtbaulösungen geführt.

Mit dem Handbuch der Werkstoffe geben wir einen Einblick in die Leichtmetallwerkstoffe. Es gibt Hinweise zur Werkstoffauswahl und Eigenschaften der Aluminium-Knetlegierungen. Bei der Wahl eines Werkstoffs für bestimmte Anwendungen müssen alle an ein Bauteil gestellten Anforderungen berücksichtigt und aufeinander abgestimmt werden. Aus diesem Grund empfehlen wir für die Werkstoffauswahl die Beratung durch unsere Entwicklungsingenieure.

(Alle Daten in dieser Broschüre sind als Empfehlungen zu sehen und stellen keine Gewährleistungswerte dar.)



Preface

HONSEL, a member of HONSEL INTERNATIONAL TECHNOLOGIES (HIT), is a worldwide leading company engaged in the processing of light metals. With our core activities in the automotive industry and locations in Germany, France, Romania, Spain, Brazil and Mexico we are well established in the areas of development and series production for most of the world's automobile manufacturers as well as tier one suppliers.

In its Semi-Finished Product Division, HONSEL develops and produces high-quality extruded and rolled products in all standard aluminium and magnesium alloys, and high quality rolled products in all standard hardening and heat-treatable aluminium alloys, including bright anodised materials.

Core areas of production and development include:

- ▶ *Automotive*
 - *Engine*
 - *Transmission*
 - *Suspension*
 - *Car Body*
- ▶ *Engineering*

For years, one of our outstanding strengths has been our co-operation with the customer in the field of development. We are able to carry out product development on behalf of the customer and to develop individual solutions for serial applications. The customer is closely involved in every stage of the development process, thereby making use of important synergetic effects. This approach has produced numerous

outstanding lightweight solutions which are now serial production.

With this Materials Handbook we provide an insight into the light metal materials. It gives information for material selection and properties of aluminium wrought alloys. When selecting a material for a specific application it is necessary to take into account and match together all of the demands to which a component is to be subjected. For this reason, we recommend consultation with our development engineers with regard to selection of the material.

(All data in this Handbook is to be seen as a guideline and does not represent guaranteed values.)



Kennzeichnungssysteme – EN und DIN

KENNZEICHNUNGSSYSTEM NACH EN (EURO-NORM)

Die Werkstoffe werden entweder nach **Nummern** (DIN EN 573 Teil 1) oder nach alphanummerischen (chemischen) **Symbolen** (DIN EN 573 Teil 2) bezeichnet:

Numerisch:

EN AW-5154A-H14

1	2	3	4	6	7
---	---	---	---	---	---

Alphanummerisch:

EN AW-Al Mg3,5 (A)-H14

1	2	3	2	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

1. Abkürzung der Norm
2. Grundmetall (hier: Aluminium)
3. Bezeichnung Verfahren (hier: Halbzeug = „wrought“)
4. Numerische Legierungsbezeichnung

Das numerische System besteht aus 4 Ziffern und entspricht der von der Aluminum Association (AA), USA, registrierten Bezeichnung.

Die erste Ziffer der **numerischen Legierungsbezeichnung** beschreibt die Legierungsgruppe oder -serie:

- 1xxx Al-Gehalt $\geq 99,0\%$
- 2xxx Hauptlegierungselement Cu
- 3xxx Hauptlegierungselement Mn
- 4xxx Hauptlegierungselement Si
- 5xxx Hauptlegierungselement Mg
- 6xxx Hauptlegierungselement Si und Mg
- 7xxx Hauptlegierungselement Zn
- 8xxx sonstige Hauptlegierungselemente

5. Legierungsbezeichnung bzw. Hauptlegierungsanteil mit Nenngehalt

Zahlen, die der **alphanummerischen Darstellung** nachgesetzt sind, geben den Gehalt an Aluminium (wie z. B. in EN AW-Al99,7) oder den Nenngehalt des betreffenden Elementes (wie z. B. in EN AW-Al Mg2) an.

6. Bezeichnung der Legierungsvariante

Wenn erforderlich, wird eine nationale Variante durch einen nachfolgenden Buchstaben gekennzeichnet.



7. Bezeichnung des Werkstoffzustandes

Die Bezeichnungen für die Werkstoffzustände sind in der **DIN EN 515** genormt:

- F = Herstellungszustand**
Grenzwerte der mechanischen Eigenschaften sind nicht festgelegt
- O = Weichgeglüht**
Um möglichst geringe Festigkeiten und hohe Bruchdehnungen zu erzielen
- H = Kaltverfestigt**
Gegebenfalls rückgeglüht, um festgelegte mechanische Eigenschaften zu erreichen
- W = Lösungsgeglüht**
Instabiler Zustand
- T = Wärmebehandelt**
Um stabilen Zustand zu erreichen

Nachfolgende Ziffern kennzeichnen Unterteilungen des Basiszustandes z. B. H14: Kaltverfestigt - 1/2 hart

KENNZEICHNUNGSSYSTEM NACH DIN

Die früher gültigen Bezeichnungen „DIN-Werkstoffnummern“ wurden in der **DIN 17007** festgelegt.

3.2315 (AlMgSi1)

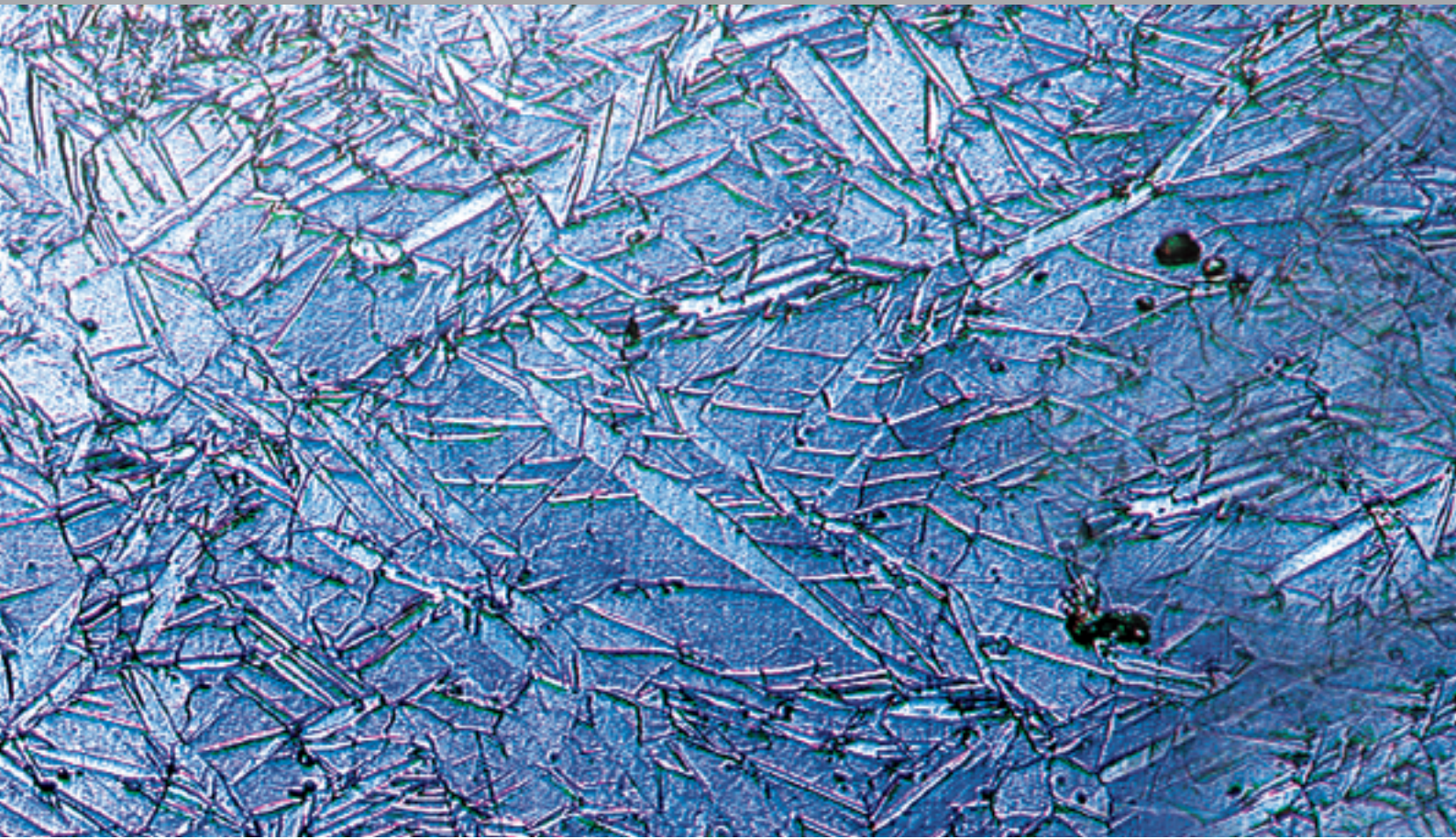
Die erste Zahl vor dem Punkt legt die Werkstoffhauptgruppe fest (hier: 3 für „Leichtmetalle“).

Danach folgt die vierstellige Sortennummer:

- 0000 - 0999 = Al mit geringen Zusätzen
- 1000 - 1999 = Al-Cu Legierungen
- 2000 - 2999 = Al-Si Legierungen
- 3000 - 3999 = Al-Mg Legierungen
- 4000 - 4999 = Al-Zn Legierungen

Die Werkstoffzustände werden durch Anhängeszahlen mit vorgesetztem Punkt ausgedrückt:

- .0x Herstellungszustand
- .1x Weichgeglüht
- .2x/.3x Kaltverfestigt
- .4x/.5x Lösungsgeglüht
- .6x/.7x Wärmebehandelt



Specification Systems – EN and DIN

EN SPECIFICATION SYSTEMS

The alloys are indicated either by **numbering system** (DIN EN 573, part 1) or **alpha-numerical** (chemical) symbols (DIN EN 573, part 2):

Numerical:

EN AW-5154A-H14

1	2	3	4	6	7
---	---	---	---	---	---

Alpha-numerical:

EN AW-Al Mg3,5 (A)-H14

1	2	3	2	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

1. Norm system
2. Basic alloy (here: Aluminium)
3. Production process (here: „wrought“)

4. Numerical designation

The numerical system consists of 4 digits and corresponds with the registered designation system of the Aluminum Association (AA), USA.

The first digit of the **numerical designation** describes the group or serie of alloy:

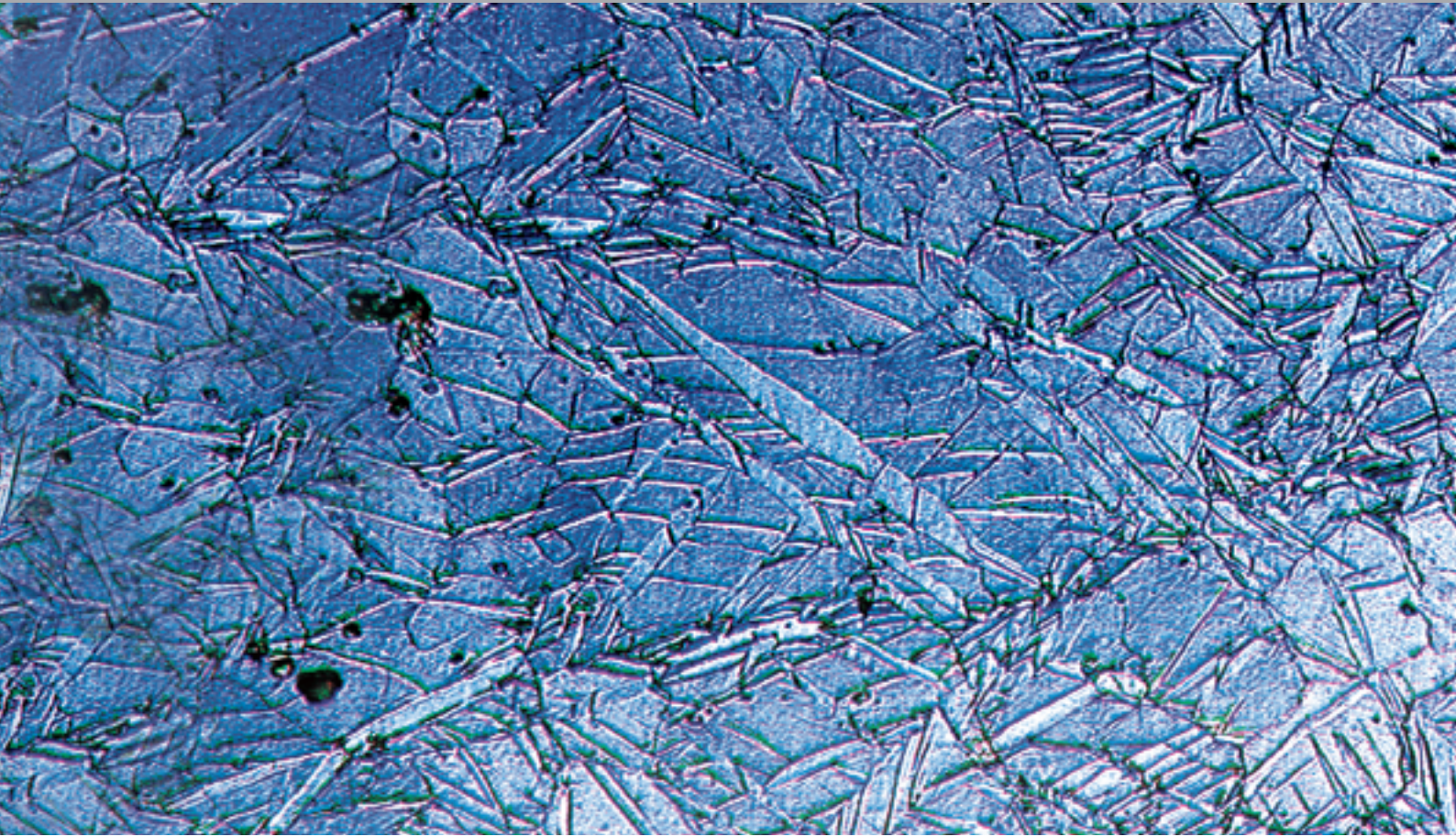
- 1xxx Al-content ≥ 99,0 %
- 2xxx main alloying element Cu
- 3xxx main alloying element Mn
- 4xxx main alloying element Si
- 5xxx main alloying element Mg
- 6xxx main alloying elements Si and Mg
- 7xxx main alloying element Zn
- 8xxx other main alloying elements

5. Alloy designation resp. main alloying elements with nominal content

Numbers following the **alpha-numerical** designation indicate the content of aluminium (e.g. EN AW-Al99,7) or the nominal content of a concerning element (e.g. EN AW-Al Mg2).

6. Specification of the alloy variation

If necessary a national variation of a alloy is indicated by an additional letter.



7. Specification of the material condition

The designation of the material conditions are specified in **DIN EN 515**:

- F** = **As fabricated**
No mechanical property limits
- O** = **Annealed**
To obtain the lowest strength highest ductility
- H** = **Strain hardened**
If necessary partially annealed to achieve designated mechanical properties
- W** = **Solution heat treated**
Unstable material condition
- T** = **Thermally treated**
To produce stable material condition

Following numbers indicate subdivisions of the material condition, e.g. H14: strain hardened – half-hard

DIN SPECIFICATION SYSTEM

The formerly valid DIN numbering system has been specified in **DIN 17007**.

3.2315 (AlMgSi)

The first digit before the dot states the main material group (here: 3 for light metals).

Then a four digit sorting number is following:

- 0000 - 0999 = Al with low additions
- 1000 - 1999 = Al-Cu alloys
- 2000 - 2999 = Al-Si alloys
- 3000 - 3999 = Al-Mg alloys
- 4000 - 4999 = Al-Zn alloys

The material conditions are specified by digits following the sorting number:

- .0x As fabricated
- .1x Annealed
- .2x/.3x Strain hardened
- .4x/.5x Solution heat treated
- .6x/.7x Thermally treated

Legierung numerisch <i>Alloy numerical</i>	Legierung chemisch <i>Alloy chemical</i>	Si	Fe	Cu	Mn	Mg
Glänzwerkstoffe / Bright finishing alloys						
–	Al99,96	0,010	0,006	0,003	-	-
EN AW-1080A	EN AW-Al99,8(A)	0,15	0,15	0,03	0,02	0,02
EN AW-1090	EN AW-Al99,9	0,07	0,07	0,02	0,01	0,01
EN AW-5210	EN AW-Al99,9Mg0,5	0,06	0,04	-	0,03	0,35 - 0,60
EN AW-5505	EN AW-Al99,9Mg1	0,06	0,04	-	0,03	0,80 - 1,10
EN AW-5657	EN AW-Al99,85Mg1(A)	0,08	0,10	0,10	0,03	0,60 - 1,00
Reinaluminium / Pure aluminium						
EN AW-1050A	EN AW-Al99,5	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05
EN AW-1070A	EN AW-Al99,7	0,20	0,25	0,03	0,03	0,03
EN AW-1200A	EN AW-Al99,0(A)	1,00 Si+FE		0,10	0,30	0,30
EN AW-1350A	EN AW-EAl99,5(A)	0,25	0,40	0,02	-	0,05
Nicht aushärtbare Werkstoffe / Non age hardening alloys						
EN AW-3003	EN AW-AlMn1Cu	0,60	0,70	0,05 - 0,20	1,00 - 1,50	-
EN AW-3103	EN AW-AlMn1	0,50	0,70	0,10	0,90 - 1,50	0,30
EN AW-5005A	EN AW-AlMg1(C)	0,30	0,45	0,05	0,15	0,7 - 1,10
EN AW-5010	EN AW-AlMg0,5Mn	0,40	0,70	0,25	0,10 - 0,30	0,20 - 0,60
EN AW-5049	EN AW-AlMg2Mn0,8	0,40	0,50	0,10	0,50 - 1,10	1,60 - 2,50
EN AW-5052	EN AW-AlMg2,5	0,25	0,40	0,10	0,10	2,20 - 2,80
EN AW-5083	EN AW-AlMg4,5Mn0,7	0,40	0,40	0,10	0,40 - 1,00	4,00 - 4,90
EN AW-5086	EN AW-AlMg4	0,40	0,50	0,10	0,20 - 0,70	3,50 - 4,50
EN AW-5251	EN AW-AlMg2	0,40	0,50	0,15	0,10 - 0,50	1,70 - 2,40
EN AW-5454	EN AW-AlMg3Mn	0,25	0,40	0,10	0,50 - 0,10	2,40 - 3,00
EN AW-5754	EN AW-AlMg3	0,40	0,40	0,10	0,50	2,60 - 3,60
EN AW-8011A	EN AW-AlFeSi(A)	0,40 - 0,80	0,50 - 1,0	0,10	0,10	0,10
Aushärtbare Werkstoffe / Age hardening alloys						
EN AW-2618A	EN AW-AlCu2Mg1,5Ni	0,15 - 0,25	0,90 - 1,40	1,80 - 2,70	0,25	1,20 - 1,80
EN AW-6005A	EN AW-AlSiMg(A)	0,50 - 0,90	0,35	0,30	0,50	0,40 - 0,70
EN AW-6012	EN AW-AlMgSiPb	0,60 - 1,40	0,50	0,10	0,40 - 1,00	0,60 - 1,20
EN AW-6060	EN AW-AlMgSi	0,30 - 0,60	0,10 - 0,30	0,10	0,10	0,35 - 0,60
EN AW-6061	EN AW-AlMg1SiCu	0,40 - 0,80	0,70	0,15 - 0,40	0,15	0,80 - 1,20
EN AW-6063	EN AW-AlMg0,7Si	0,20 - 0,60	0,35	0,10	0,10	0,45 - 0,90
EN AW-6082	EN AW-AlSi1MgMn	0,70 - 1,30	0,50	0,10	0,40 - 1,00	0,60 - 1,20
EN AW-6101B	EN AW-EAlMgSi(B)	0,30 - 0,60	0,10 - 0,30	0,05	0,05	0,35 - 0,60
EN AW-7020	EN AW-AlZn4,5Mg1	0,35	0,40	0,20	0,05 - 0,50	1,00 - 1,40
EN AW-7075	EN AW-AlZn5,5MgCu	0,40	0,50	1,20 - 2,00	0,30	2,10 - 2,90
EN AW-7108A	EN AW-AlZn5Mg1Zr	0,20	0,30	0,05	0,05	0,70 - 1,50

Die angegebenen Werte sind Maximalwerte, sofern nicht ein Bereich angegeben ist.
The stated specifications are maximum specifications, unless stated range.

Cr	Zn	Ti	Bemerkungen <i>Remarks</i>	Andere Beimengungen <i>Other elements</i>		Al	Profile <i>Extrusions</i>	Platten, Bänder <i>Plates, coils</i>
				einzel/ <i>each</i>	gesamt/ <i>total</i>			
-	0,015	0,003	-	0,003	-	≥ 99,96	-	x
-	0,06	0,02	0,03 Ga;	0,02	-	≥ 99,80	-	x
-	0,03	0,01	0,03 Ga; 0,05 V	0,01	-	≥ 99,90	-	x
-	0,04	0,01	-	0,01	-	Rest	-	x
-	0,04	0,01	-	0,01	-	Rest	-	x
-	0,05	-	0,03 Ga; 0,05 V	0,02	0,05	Rest	-	x
-	0,07	0,05	-	0,03	-	≥ 99,50	-	x
-	0,07	0,03	-	0,03	-	≥ 99,70	-	x
0,10	0,10	-	-	0,05	0,15	≥ 99,00	x	-
-	0,05	-	0,03 Cr+Mn+Ti+V	0,03	-	≥ 99,50	-	x
-	0,10	-	-	0,05	0,15	Rest	-	x
0,10	0,20	-	0,10 Zr+Ti	0,05	0,15	Rest	x	x
0,10	0,20	-	-	0,05	0,15	Rest	-	x
0,15	0,30	0,10	-	0,05	0,15	Rest	-	x
0,30	0,20	0,10	-	0,05	0,15	Rest	-	x
0,15 - 0,35	0,10	-	-	0,03	0,10	Rest	-	x
0,05 - 0,25	0,25	0,15	-	0,05	0,15	Rest	-	x
0,05 - 0,25	0,25	0,15	-	0,05	0,15	Rest	-	x
0,15	0,15	0,15	-	0,05	0,15	Rest	-	x
0,05 - 0,20	0,25	0,20	-	0,05	0,15	Rest	-	x
0,30	0,20	0,15	0,10 - 0,60 Mn+Cr	0,05	0,15	Rest	-	x
0,10	0,10	0,05	-	0,05	0,15	Rest	-	x
-	0,15	0,20	0,80 - 1,40 Ni; 0,25 Zr+Ti	0,05	0,15	Rest	x	-
0,30	0,20	0,10	0,12 - 0,50 Mn+Cr	0,05	0,15	Rest	x	-
0,30	0,30	0,20	0,70 Bi; 0,40 - 2,0 Pb	0,05	0,15	Rest	x	-
0,05	0,15	0,10	-	0,05	0,15	Rest	x	x
0,04 - 0,35	0,25	0,15	-	0,05	0,15	Rest	x	x
0,10	0,10	0,10	-	0,05	0,15	Rest	x	-
0,25	0,20	0,10	-	0,05	0,15	Rest	x	x
-	0,10	-	-	0,03	0,10	Rest	x	x
-	4,00 - 5,00	-	0,08 - 0,20 Zr; 0,08 - 0,25 Zr+Ti	0,05	0,15	Rest	x	-
0,18 - 0,28	5,10 - 6,10	0,20	-	0,05	0,15	Rest	-	x
0,04	4,80 - 5,80	0,03	0,15 - 0,25 Zr; 003 Ga	0,05	0,15	Rest	x	-

Legierung numerisch <i>Alloys numerical</i>	Legierung chemisch <i>Alloys chemical</i>	Beständigkeit in <i>Resistance to</i>		Eignung <i>Suitability</i> Hochglanz- polieren <i>High mirror finishing</i>
		normaler Atmosphäre <i>normal atmosphere</i>	maritimer Atmosphäre <i>marine atmosphere</i>	
Glänzwerkstoffe / <i>Bright finishing alloys</i>				
–	Al99,96	1	1	1 - 2
EN AW-1080A	EN AW-Al99,8(A)	1	1	1 - 2
EN AW-1090	EN AW-Al99,9	1	1	1 - 2
EN AW-5210	EN AW-Al99,9Mg0,5	1	1	1 - 2
EN AW-5505	EN AW-Al99,9Mg1	1	1	1 - 2
EN AW-5657	EN AW-Al99,85Mg1(A)	1	1	1 - 2
Reinaluminium / <i>Pure aluminium</i>				
EN AW-1050A	EN AW-Al99,5	1	1	1 - 2
EN AW-1070A	EN AW-Al99,7	1	1	1 - 2
EN AW-1200A	EN AW-Al99,0(A)	1	1	2
EN AW-1350A	EN AW-EAl99,5(A)	1	1	-
Nicht aushärtbare Werkstoffe / <i>Non age hardening alloys</i>				
EN AW-3003	EN AW-AlMn1Cu	1	1	1 - 2
EN AW-3103	EN AW-AlMn1	1	1	1 - 2
EN AW-5005A	EN AW-AlMg1(C)	1	1	1 - 2
EN AW-5010	EN AW-AlMg0,5Mn	1	1	-
EN AW-5049	EN AW-AlMg2Mn0,8	1	1	-
EN AW-5052	EN AW-AlMg2,5	1	1	-
EN AW-5083	EN AW-AlMg4,5Mn0,7	1	1	-
EN AW-5086	EN AW-AlMg4	1	1	-
EN AW-5251	EN AW-AlMg2	1	1	1 - 2
EN AW-5454	EN AW-AlMg3Mn	1	1	-
EN AW-5754	EN AW-AlMg3	1	1	1 - 2
EN AW-8011A	EN AW-AlFeSi(A)	-	-	-
Aushärtbare Werkstoffe / <i>Age hardening alloys</i>				
EN AW-2618A	EN AW-AlCu2Mg1,5Ni	2	3	-
EN AW-6005A	EN AW-AlSiMg(A)	1	1	-
EN AW-6012	EN AW-AlMgSiPb	2	2	2
EN AW-6060	EN AW-AlMgSi	1	1	1
EN AW-6061	EN AW-AlMg1SiCu	1 - 2	2 - 3	1 - 2
EN AW-6063	EN AW-AlMg0,7Si	1	1	1
EN AW-6082	EN AW-AlSi1MgMn	1 - 2	2 - 3	1 - 2
EN AW-6101B	EN AW-EAlMgSi(B)	1	2	-
EN AW-7020	EN AW-AlZn4,5Mg1	2	3	-
EN AW-7075	EN AW-AlZn5,5MgCu	2	3	-
EN AW-7108A	EN AW-AlZn5Mg1Zr	2	3	-

 1 = sehr gut / *very good*

 2 = gut / *good*

 3 = mäßig / *sufficient*

 4 = schlecht / *insufficient*

 – = nicht angewendet / *not applicable*

zur Oberflächenbehandlung for surface treatments		Spanbarkeit <i>Machinability</i>	Schweißbarkeit <i>Weldability</i>	Eignung zum Walzen <i>Rollability</i>	Eignung zum Strangpressen <i>Extrudability</i>
Schutz- anodisierung <i>Protective anodising</i>	Dekoratives Anodisieren <i>Decorative anodising</i>				
1	1	4	1	1	-
1	1	4	1	1	-
1	1	4	1	1	-
1	1	4	1	1	-
1	1	4	1	1	-
1	1	4	1	1	-
1	1	3 - 4	1 - 2	1	-
1	1	4	1	1	-
1	1	3	1 - 2	-	1
-	-	4	1	1	-
1	-	3 - 4	1 - 2	1 - 2	-
1	-	3 - 4	1 - 2	1	1
1	1	3 - 4	1 - 2	2	-
-	-	3 - 4	1 - 2	2	-
1	-	3 - 4	1 - 2	2	-
1	-	3 - 4	1 - 2	2	-
1	-	2 - 3	1 - 2	3	-
1	-	2 - 3	1 - 2	3	-
1	1	3 - 4	1 - 2	3	-
1	-	3 - 4	1 - 2	3	-
1	1	3 - 4	1 - 2	2	-
-	-	-	-	2	-
-	-	2	2	-	4
1	-	2	1	-	1 - 2
1	2	1	2	-	3
1	1	3	1	2	1
1 - 2	2	2	1	3	2
1	1	3	1	-	1
1 - 2	3	2	1	3	2
-	-	3	1	2	1
1	3	3	2	-	4
1	3	3	2	3	-
1	3	3	2	-	3

Legierung numerisch <i>Numerical</i>	Legierung chemisch <i>Chemical symbols</i>	Dichte (g/cm ³) <i>Density</i>	E-Modul (GPa) <i>Young's Modulus</i>	Wärmeausdehnungs- koeffizient 20-200°C [10 ⁻⁶ K] <i>Coefficient of thermal expansion</i>	Wärmeleit- fähigkeit [W/K·m] <i>Thermal conductivity</i>	Elektrische Leitfähigkeit 20°C [MS/m] <i>Electrical conductivity</i>
Glänzwerkstoffe / Bright finishing alloys						
–	Al99,96	2,71	65	23,5	~ 240	~ 38
EN AW-1080A	EN AW-Al99,8(A)	2,71	65	23,5	210 - 230	35 - 37
EN AW-1090	EN AW-Al99,9	2,71	65	23,5	~ 220	~ 33
EN AW-5210	EN AW-Al99,9Mg0,5	2,70	65	23,6	180 - 210	30 - 35
EN AW-5505	EN AW-Al99,9Mg1	2,69	65	23,6	180 - 210	30 - 35
EN AW-5657	EN AW-Al99,85Mg1(A)	2,70	66	23,6	190 - 220	30 - 35
Reinaluminium / Pure aluminium						
EN AW-1050A	EN AW-Al99,5	2,71	65	23,6	210 - 230	34 - 36
EN AW-1070A	EN AW-Al99,7	2,71	65	23,5	210 - 230	34 - 37
EN AW-1200A	EN AW-Al99,0(A)	2,71	65	23,6	205 - 210	33 - 34
EN AW-1350A	EN AW-EAl99,5(A)	2,71	65	23,8	215 - 235	34 - 36
Nicht aushärtbare Werkstoffe / Non age hardening alloys						
EN AW-3003	EN AW-AlMn1Cu	2,73	69	23,2	160 - 190	24 - 29
EN AW-3103	EN AW-AlMn1	2,73	69	23,2	160 - 190	24 - 29
EN AW-5005A	EN AW-AlMg1(C)	2,69	69	23,8	140 - 180	20 - 25
EN AW-5010	EN AW-AlMg0,5Mn	2,71	69	23,2	180 - 190	25 - 27
EN AW-5049	EN AW-AlMg2Mn0,8	2,71	69	23,7	140 - 150	20 - 25
EN AW-5052	EN AW-AlMg2,5	2,68	70	23,8	140 - 190	21 - 24
EN AW-5083	EN AW-AlMg4,5Mn0,7	2,66	71	23,8	105 - 120	15 - 17
EN AW-5086	EN AW-AlMg4	2,66	70	23,7	110 - 130	16 - 19
EN AW-5251	EN AW-AlMg2	2,68	70	23,7	130 - 170	20 - 24
EN AW-5454	EN AW-AlMg3Mn	2,68	70	23,7	120 - 130	16 - 19
EN AW-5754	EN AW-AlMg3	2,66	70	23,8	130 - 160	19 - 23
EN AW-8011A	EN AW-AlFeSi(A)	2,71	65	23,5	210 - 230	31 - 34
Aushärtbare Werkstoffe / Age hardening alloys						
EN AW-2618A	EN AW-AlCu2Mg1,5Ni	2,77	72	23,3	155 - 170	20 - 23
EN AW-6005A	EN AW-AlSiMg(A)	2,70	69	23,5	170 - 200	27 - 30
EN AW-6012	EN AW-AlMgSiPb	2,72	69	23,4	160 - 185	24 - 28
EN AW-6060	EN AW-AlMgSi	2,70	69	23,4	190 - 220	28 - 34
EN AW-6061	EN AW-AlMg1SiCu	2,70	69	23,6	145 - 215	22 - 33
EN AW-6063	EN AW-AlMg0,7Si	2,70	69	23,4	190 - 220	28 - 34
EN AW-6082	EN AW-AlSi1MgMn	2,70	69	23,4	145 - 220	23 - 34
EN AW-6101B	EN AW-EAlMgSi(B)	2,70	69	23,4	215 - 225	30 - 34
EN AW-7020	EN AW-AlZn4,5Mg1	2,77	71	23,6	115 - 220	17 - 34
EN AW-7075	EN AW-AlZn5,5MgCu	2,80	71	23,3	130 - 160	19 - 23
EN AW-7108A	EN AW-AlZn5Mg1Zr	2,77	71	23,6	115 - 220	17 - 34

Mechanische Eigenschaften / Mechanical properties

ALUMINIUM STRANGPRESSPROFILE / ALUMINIUM EXTRUSIONS

Legierung nach DIN EN 573 Alloy according to DIN EN 573		Werkstoff- zustand <i>Material condition</i>	Maximale Wanddicke <i>Maximal wall thickness</i>	Mindestwerte <i>Specified minimum values</i>														
Numerisch <i>Numerical</i>	Chemische Symbole <i>Chemical symbols</i>			R_m [MPa]	$R_{p0,2}$ [MPa]	A_5 [%]	A_{50mm} [%]											
EN AW-1200(A)	EN AW-AI99,0(A)	F*	alle / all	75	25	20	18											
EN AW-2618(A)	EN AW-AICu2Mg1,5Ni	T6	≤ 40	420	350	7	-											
EN AW-3103	EN AW-AIMn1	F*	alle / all	95	35	25	20											
EN AW-6005(B)	EN AW-AIMgSi	T4	≤ 25					180	90	15	13							
												Vollprofile <i>Solid profiles</i>	T6	≤ 5	270	225	8	6
														> 5 - 10	260	215	8	6
														> 10 - 25	250	200	8	6
												Hohlprofile <i>Hollow profiles</i>	T4	≤ 10	180	90	15	13
														T6	≤ 5	255	215	8
> 5 - 15	250	200	8	6														
EN AW-6012	EN AW-AIMgSiPb	T6	< 150	310	260	8	6											
			150 - 200	260	200	8	-											
EN AW-6060	EN AW-AIMgSi	T4	≤ 25	120	60	16	14											
			T64	> 15	180	120	12	10										
			T66	≤ 3	215	160	8	6										
				> 3 - 25	195	150	8	6										
EN AW-6063	EN AW-AIMg0,7Si	T4	≤ 25	130	65	14	12											
			T6	≤ 10	215	170	8	6										
				> 10 - 25	195	160	8	6										
			T66	≤ 10	245	200	8	6										
				> 10 - 25	225	180	8	6										
EN AW-6061	EN AW-AIMg1SiCu	T4	≤ 25	180	110	15	13											
			T6	≤ 5	260	240	9	7										
				> 5 - 25	260	240	10	8										
EN AW-6082	EN AW-AISi1MgMn	T4	≤ 25	205	110	14	12											
			T5	≤ 5	270	230	8	6										
				T6	≤ 5	290	250	8	6									
			> 5 - 25		310	260	10	8										
EN AW-6101(B)	EN AW-EAIMgSi(B)	T6	≤ 15	215	160	8	6											
			T7	≤ 15	170	120	12	10										
EN AW-7020	EN AW-AIZn4,5Mg1	T6	≤ 40	350	290	10	8											
EN AW-7108(A)	ENAW-AIZn5Mg1Zr	T6	≤ 12,5	360	320	10	8											

* Nur zur Information

Maßgebend für die Mindestwerte der mechanischen Eigenschaften ist die Wanddicke des Profils. Wenn der Querschnitt eines Profils sich aus unterschiedlichen Dicken zusammensetzt, denen verschiedene Werte der mechanischen Eigenschaften zugeordnet sind, gelten jeweils die niedrigsten festgelegten Werte für den gesamten Querschnitt des Profils. Bei einer maximalen Wanddicke ≤ 12,5 mm werden die Kennwerte an Flachzugproben ermittelt und es gilt der Bruchdehnungswert A_{50} , über 12,5 mm Profildicke sind Rundzugproben heranzuziehen und der Bruchdehnungswert A_5 zu ermitteln.

* Only for information

The determinative factor for the specified minimum mechanical properties is the wall thickness of the extrusion profile. If the cross-section covers different walls and different associated values of mechanical properties, the lowest specified values are to be applied for the over-all profile. If the maximum wall thicknesses is ≤ 12,5 mm the properties are determined with a flat tensile test bar, and the elongation A_{50} is measured. With maximum wall thicknesses over 12,5 mm the properties are determined with a round tensile test bar and the elongation A_5 is measured.

ALUMINIUM WALZPRODUKTE / ALUMINIUM ROLLED PRODUCTS

Numerisch <i>Numerical</i>	Chemische Symbole <i>Chemical symbols</i>	Zustand <i>Condition</i>	Nenndicke [mm]		R _m [MPa]		R _{p0,2} [MPa]		Bruchdehnung		Härte* [HBW]
			<i>Nominal thickness</i> <i>min.</i>	<i>max.</i>	<i>min.</i>	<i>max.</i>	<i>min.</i>	<i>max.</i>	<i>Elongation</i> A₅ [%]	A₁₀ [%]	
EN AW-1050A	EN AW-AI99,5	F*	≥ 2,5	150,0	65	-	-	-	-	-	-
		O/H111	0,2	0,5	65	95	20	-	20	-	20
			0,5	1,5	65	95	20	-	22	-	20
			1,5	3,0	65	95	20	-	26	-	20
			3,0	6,0	65	95	20	-	29	-	20
			6,0	12,5	65	95	20	-	35	-	20
			12,5	50,0	65	95	20	-	-	32	20
		H12	3,0	6,0	85	125	65	-	7	-	28
			6,0	12,5	85	125	65	-	9	-	28
			12,5	40,0	85	125	65	-	-	9	28
		H14	3,0	6,0	105	145	85	-	5	-	34
			6,0	12,5	105	145	85	-	6	-	34
			12,5	25,0	105	145	85	-	-	6	34
		H18	0,2	3,0	140	-	120	-	2	-	42
		H22	0,2	0,5	85	125	55	-	4	-	27
			0,5	1,5	85	125	55	-	5	-	27
			1,5	3,0	85	125	55	-	6	-	27
			3,0	6,0	85	125	55	-	11	-	27
			6,0	12,5	85	125	55	-	12	-	27
		H24	0,2	0,5	105	145	75	-	5	-	33
			0,5	1,5	105	145	75	-	6	-	33
			1,5	3,0	105	145	75	-	7	-	33
			3,0	12,5	105	145	75	-	8	-	33
		H26	0,2	0,5	120	160	90	-	2	-	38
			0,5	1,5	120	160	90	-	3	-	38
			1,5	4,0	120	160	90	-	4	-	38
		H28	0,2	1,5	140	-	110	-	2	-	41
			1,5	4,0	140	-	110	-	3	-	41
EN AW-1070A	EN AW-AI99,7	F*	≥ 2,5	25,0	60	-	-	-	-	-	
		O/H111	0,2	0,5	60	90	15	-	23	-	18
			0,5	1,5	60	90	15	-	25	-	18
			1,5	3,0	60	90	15	-	29	-	18
			3,0	6,0	60	90	15	-	32	-	18
			6,0	12,5	60	90	15	-	35	-	18
		H12	3,0	6,0	80	120	55	-	9	-	26
			6,0	12,5	80	120	55	-	12	-	26

* Nur zur Information

Auszug aus der EN 485-2 : 1994. Lassen Sie sich bei der Anwendung nicht darin enthaltener Werkstoffe, insbesondere Glanzqualitäten oder beim Einsatz besonderer oder eingegrenzter Zustände beraten. Für Bänder und Bandbleche gilt grundsätzlich die maximale Dicke von 2 mm. Bleche mit Dicken oberhalb 2 mm sind lieferbar. Die aufgeführten Festigkeitswerte sind dann als Richtwerte zu betrachten. Mindestwerte müssen bei der Bestellung vereinbart werden.

ALUMINIUM WALZPRODUKTE / ALUMINIUM ROLLED PRODUCTS

Numerisch <i>Numerical</i>	Chemische Symbole <i>Chemical symbols</i>	Zustand <i>Condition</i>	Nenndicke [mm]		R _m [MPa]		R _{p0,2} [MPa]		Bruchdehnung		Härte* [HBW]
			<i>Nominal thickness</i> <i>min. max.</i>	<i>min. max.</i>	<i>min. max.</i>	<i>min. max.</i>	<i>Elongation</i> <i>A₅ [%]</i>	<i>A₁₀ [%]</i>	<i>Hardness</i>		
EN AW-1070A	EN AW-AI99,7	H14	3,0	6,0	100	140	70	-	6	-	32
			6,0	12,5	100	140	70	-	7	-	32
		H18	0,2	3,0	125	-	105	-	2	-	40
			0,2	0,5	80	120	50	-	7	-	18
		H22	0,5	1,5	80	120	50	-	8	-	18
			1,5	3,0	80	120	50	-	10	-	18
			3,0	6,0	80	120	50	-	12	-	18
			6,0	12,5	80	120	50	-	15	-	18
		H24	0,2	0,5	100	140	60	-	5	-	18
			0,5	1,5	100	140	60	-	6	-	18
			1,5	3,0	100	140	60	-	7	-	18
			3,0	6,0	100	140	60	-	9	-	18
		H26	6,0	12,5	100	140	60	-	11	-	18
			0,2	1,5	110	150	80	-	3	-	18
		1,5	4,0	110	150	80	-	4	-	18	
EN AW-1080A	EN AW-AI99,8(A)	F*	≥ 2,5	25,0	60	-	-	-	-	-	-
		0	0,2	0,5	60	90	15	-	26	-	18
			0,5	1,5	60	90	15	-	28	-	18
			1,5	3,0	60	90	15	-	31	-	18
		H18	0,2	3,0	125	-	105	-	2	-	36
			0,2	0,5	80	120	50	-	8	-	26
		H22	0,5	1,5	80	120	50	-	9	-	26
			1,5	3,0	80	120	50	-	11	-	26
			0,2	0,5	100	140	60	-	5	-	31
		H24	0,5	1,5	100	140	60	-	6	-	31
			1,5	3,0	100	140	60	-	7	-	31
			0,2	1,5	110	150	80	-	3	-	35
		H26	1,5	4,0	110	150	80	-	4	-	35
F*	≥ 2,5		80,0	90	-	-	-	-	-	-	
EN AW-3103	EN AW-AIMn1	0/H111	0,2	0,5	90	130	35	-	17	-	27
			0,5	1,5	90	130	35	-	19	-	27
			1,5	3,0	90	130	35	-	21	-	27
			3,0	6,0	90	130	35	-	24	-	27
			6,0	12,5	90	130	35	-	28	-	27
			12,5	50,0	90	130	35	-	-	25	27
			H12	0,2	0,5	115	155	85	-	3	-

* Only for information

Abstract from EN 485-2 : 1994. For the use of not enclosed materials, especially bright finishing alloys or application with special or limited attributes ask for consultation. For coils and sheets from coil material there is maximum thickness of 2 mm. Plates with thicknesses more than 2 mm are available. The listed mechanical properties are to behold as guidelines. Minimum values are to be agreed at order.

ALUMINIUM WALZPRODUKTE / ALUMINIUM ROLLED PRODUCTS

Numerisch <i>Numerical</i>	Chemische Symbole <i>Chemical symbols</i>	Zustand <i>Condition</i>	Nenndicke [mm]		R _m [MPa]		R _{p0,2} [MPa]		Bruchdehnung		Härte* [HBW] <i>Hardness</i>
			<i>Nominal thickness</i> <i>min.</i>	<i>max.</i>	<i>min.</i>	<i>max.</i>	<i>min.</i>	<i>max.</i>	<i>Elongation</i> A ₅ [%]	A ₁₀ [%]	
EN AW-5005A	EN AW-AlMg1(C)	F*	≥ 2,5	100	190	-	-	-	-	-	-
		0/H111	0,2	0,5	190	240	80	-	12	-	52
			0,5	1,5	190	240	80	-	14	-	52
			1,5	3,0	190	240	80	-	16	-	52
			3,0	12,5	190	240	80	-	18	-	52
			12,5	100	190	240	80	-	-	17	52
		H12	3,0	6,0	220	270	170	-	7	-	66
			6,0	12,5	220	270	170	-	9	-	66
			12,5	40,0	220	270	170	-	-	9	66
		H14	3,0	6,0	240	280	190	-	4	-	72
			6,0	12,5	240	280	190	-	5	-	72
			12,5	25,0	240	280	190	-	-	5	72
		H18	0,2	0,5	290	-	250	-	1	-	88
			0,5	3,0	290	-	250	-	2	-	88
		H22	0,2	0,5	220	270	130	-	7	-	63
			0,5	1,5	220	270	130	-	8	-	63
			1,5	3,0	220	270	130	-	10	-	63
			3,0	6,0	220	270	130	-	11	-	63
			6,0	12,5	220	270	130	-	10	-	63
			12,5	40,0	220	270	130	-	-	9	63
		H24	0,2	1,5	240	280	160	-	6	-	70
			1,5	3,0	240	280	160	-	7	-	70
			3,0	6,0	240	280	160	-	8	-	70
			6,0	12,5	240	280	160	-	10	-	70
			12,5	25,0	240	280	160	-	-	8	70
		H26	0,2	1,5	265	305	190	-	4	-	78
			1,5	3,0	265	305	190	-	5	-	78
			3,0	6,0	265	305	190	-	6	-	78
H28	0,2	1,5	290	-	230	-	3	-	87		
	1,5	3,0	290	-	230	-	4	-	87		
EN AW-5049	EN AW-AlMg2Mn0,8	F*	≥ 2,5	100,0	190	-	-	-	-	-	
		0/H111	3,0	12,5	190	240	80	-	18	-	52
			12,5	100,0	190	240	80	-	-	17	52
		H22	3,0	6,0	220	270	130	-	11	-	63
			6,0	12,5	220	270	130	-	10	-	63
			12,5	40,0	220	270	130	-	-	9	63

* Nur zur Information

Auszug aus der EN 485-2 : 1994. Lassen Sie sich bei der Anwendung nicht darin enthaltener Werkstoffe, insbesondere Glanzqualitäten oder beim Einsatz besonderer oder eingegrenzter Zustände beraten. Für Bänder und Bandbleche gilt grundsätzlich die maximale Dicke von 2 mm. Bleche mit Dicken oberhalb 2 mm sind lieferbar. Die aufgeführten Festigkeitswerte sind dann als Richtwerte zu betrachten. Mindestwerte müssen bei der Bestellung vereinbart werden.

ALUMINIUM WALZPRODUKTE / ALUMINIUM ROLLED PRODUCTS

Numerisch <i>Numerical</i>	Chemische Symbole <i>Chemical symbols</i>	Zustand <i>Condition</i>	Nenndicke [mm]		R _m [MPa]		R _{p0,2} [MPa]		Bruch- dehnung		Härte* [HBW]
			<i>Nominal thickness min. max.</i>	<i>min. max.</i>	<i>min. max.</i>	<i>min. max.</i>	<i>Elongation A₅ [%] A₁₀ [%]</i>	<i>Hard- ness</i>			
EN AW-5049	EN AW-AlMg2Mn0,8	H24	3,0	6,0	240	280	160	-	8	-	70
			6,0	12,5	240	280	160	-	10	-	70
			12,5	25,0	240	280	160	-	-	8	70
EN AW-5754	EN AW-AlMg3	F*	≥ 2,5	100,0	190	-	-	-	-	-	-
		0/H111	0,5	1,5	190	240	80	-	12	-	52
			1,5	3,0	190	240	80	-	14	-	52
			3,0	6,0	190	240	80	-	16	-	52
			6,0	12,5	190	240	80	-	18	-	52
			12,5	100,0	190	240	80	-	-	17	52
		H12	3,0	6,0	220	270	170	-	7	-	66
			6,0	12,5	220	270	170	-	9	-	66
			12,5	40,0	220	270	170	-	-	9	66
		H14	3,0	6,0	240	280	190	-	4	-	72
			6,0	12,5	240	280	190	-	5	-	72
			12,5	25,0	240	280	190	-	-	5	72
		H18	0,5	3,0	290	-	250	-	2	-	88
		H22	0,5	1,5	220	270	130	-	8	-	63
			1,5	3,0	220	270	130	-	10	-	63
			3,0	6,0	220	270	130	-	11	-	63
			6,0	12,5	220	270	130	-	10	-	63
			12,5	40,0	220	270	130	-	-	9	63
		H24	0,5	1,5	240	280	160	-	6	-	70
			1,5	3,0	240	280	160	-	7	-	70
			3,0	6,0	240	280	160	-	8	-	70
			6,0	12,5	240	280	160	-	10	-	70
			12,5	25,0	240	280	160	-	-	8	70
		H26	0,5	1,5	265	305	190	-	4	-	78
1,5	3,0		265	305	190	-	5	-	78		
3,0	6,0		265	305	190	-	6	-	78		
H28	0,5	1,5	290	-	230	-	3	-	87		
	1,5	3,0	290	-	230	-	4	-	87		
EN AW-5083	EN AW-AlMg4,5Mn0,7	F*	≥ 2,5	150,0	275	-	-	-	-	-	
		0/H111	3,0	6,0	275	350	125	-	15	-	75
			6,0	12,5	275	350	125	-	16	-	75
			12,5	50,0	275	350	125	-	-	15	75
			50,0	80,0	275	345	115	-	-	14	73

* Only for information

Abstract from EN 485-2 : 1994. For the use of not enclosed materials, especially bright finishing alloys or application with special or limited attributes ask for consultation. For coils and sheets from coil material there is maximum thickness of 2 mm. Plates with thicknesses more than 2 mm are available. The listed mechanical properties are to behold as guidelines. Minimum values are to be agreed at order.

Eine wichtige Kenngröße in der Umformtechnik ist die sogenannte Fließspannung (früher: Formänderungsfestigkeit). Man versteht darunter diejenige wahre Spannung, die bei einachsigem Spannungszustand das Fließen des Werkstoffes bewirkt. Die Fließspannung hängt von dem Gefügestand, dem Umformgrad, der Umformgeschwindigkeit und der Temperatur ab. Die Auftragung der Fließspannung k_f über dem Umformgrad nennt man Fließkurve.

Die Fließspannung wird beeinflusst von Faktoren wie chemische Zusammensetzung, Herstellverfahren, Glühbehandlung, Ausscheidungszustand, Texturen, Seigerungen, Korngrenzenbelegung usw. Zu den Abhängigkeiten liegen kaum Erkenntnisse vor.

KALTUMFORMUNG

Bei der Kaltumformung kann der Fließkurvenverlauf durch die mathematische Gleichung $K_f = K_f(\varphi = 1) \cdot \varphi^n$ beschrieben werden, in der der sogenannte Verfestigungsexponent n die Neigung zur Umformverfestigung ausdrückt.

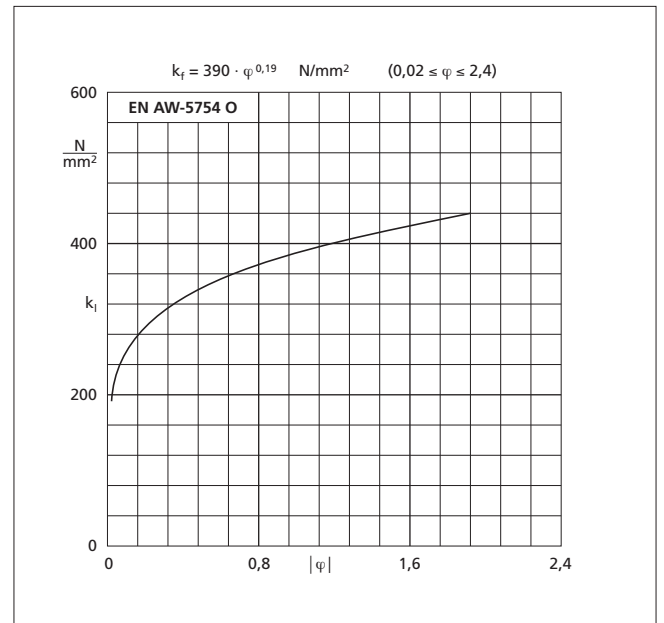
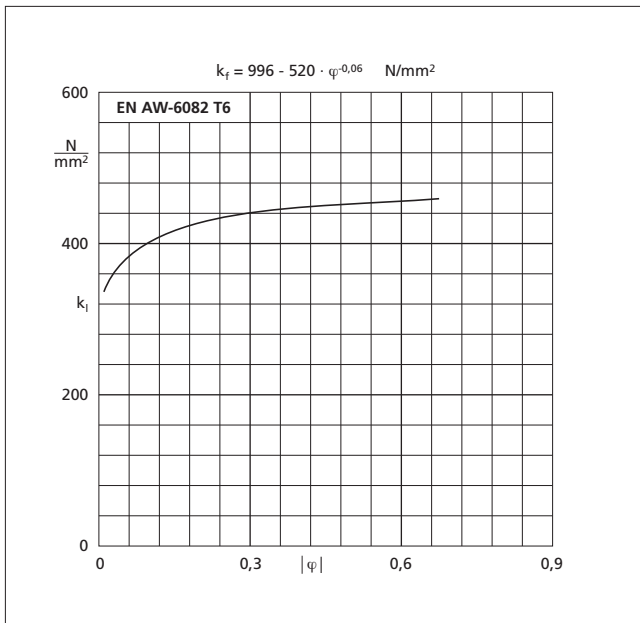
One important material property in metal forming is the flow stress which is defined as the true stress at which plastic flow begins at uniaxial loading. The flow stress is a function of microstructure, true strain and temperature. The flow stress k_f plotted as a function of true strain is called stress-strain-curve.

The flow stress is influenced by parameters like chemical composition, processing, heat treatment, precipitates, textures, segregations, grain boundaries. The knowledge about these influences is very small.

COLD WORKING

During cold working the stress-strain-curve can be described mathematical by $k_f = k_f(\varphi = 1) \cdot \varphi^n$, where the so called strain hardening exponent n expresses the tendency to work hardening.

20



Fließkurven von Aluminiumlegierungen / Stress-strain-curves of aluminium alloys

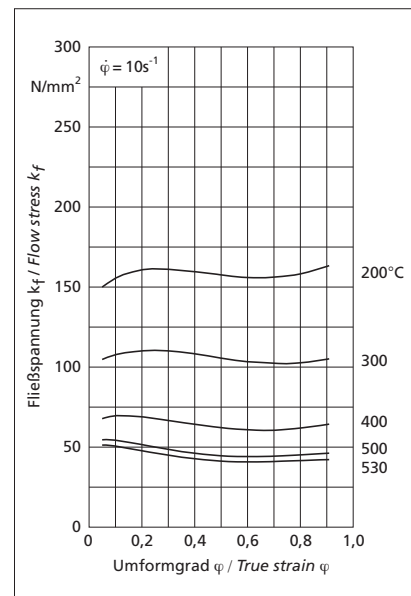
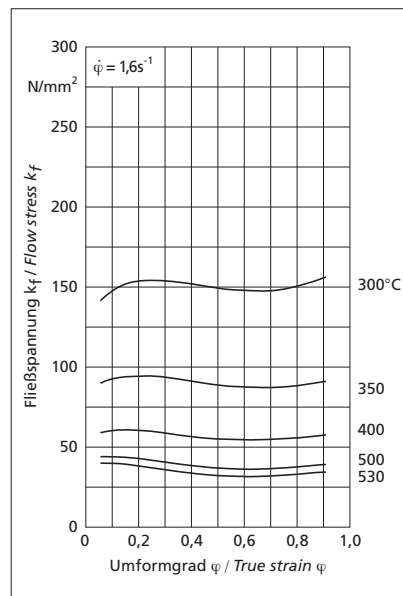
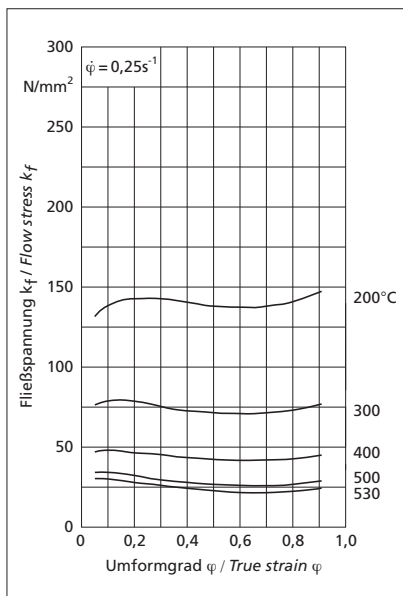
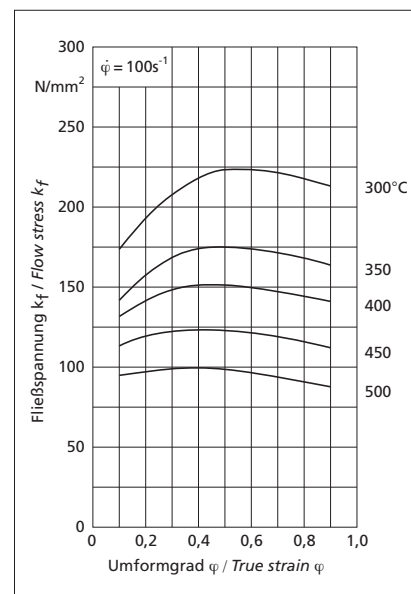
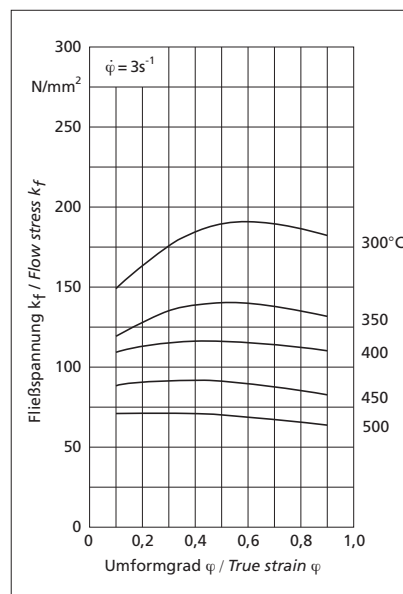
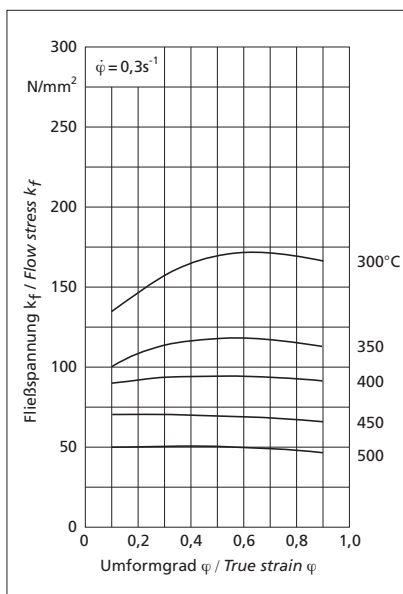
Quelle / Reference: Atlas der Kaltumformeigenschaften

WARMUMFORMUNG

Bei der Warmumformung besteht eine ausgeprägte Temperatur- und Geschwindigkeitsabhängigkeit der Umformfestigkeit. Die Umformverfestigung wird überlagert durch thermisch aktivierte Vorgänge wie Entfestigung, Erholung und Rekristallisation.

HOT WORKING

During hot working there is a distinctive function of the flow stress on temperature and speed of deformation. The flow stress is superposed by thermal activated processes like softening, recovery and recrystallisation.

EN AW-6082 T4**EN AW-5754 O**

Fließkurven bei erhöhten Temperaturen / Stress-strain-curves at elevated temperatures

Quelle / Reference: Fließkurven-Atlas

Der Widerstand gegen Ermüdung unter dynamischer Beanspruchung wird allgemein als Dauerfestigkeit bezeichnet. Gemeint ist die Dauer- oder Zeitschwingfestigkeit unter Zug-, Zug/Druck- oder Biegung- bzw. Torsionsbeanspruchung.

Die folgenden Definitionen sind der DIN 50100 entnommen. Der zeitliche Verlauf schwingender Beanspruchung wird gekennzeichnet durch einen Mittelwert σ_m und dem Schwingungsausschlag (Amplitude) σ_a . Der Höchstwert der Spannung wird als Oberspannung σ_o , der kleinste Wert als Unterspannung σ_u bezeichnet. Die Differenz zwischen dem Größt- und Kleinstwert ist die Schwingbreite. Die Anzahl voller Schwingungen wird als Schwingspielzahl N bezeichnet.

Der Quotient aus Unterspannung und Oberspannung heißt Spannungsverhältnis $R (= \sigma_u / \sigma_o)$. Ist $R < 0$, so liegt eine Wechselbeanspruchung vor. Schwellende Beanspruchungen ohne Richtungswechsel haben Spannungsverhältnisse $R \geq 0$.

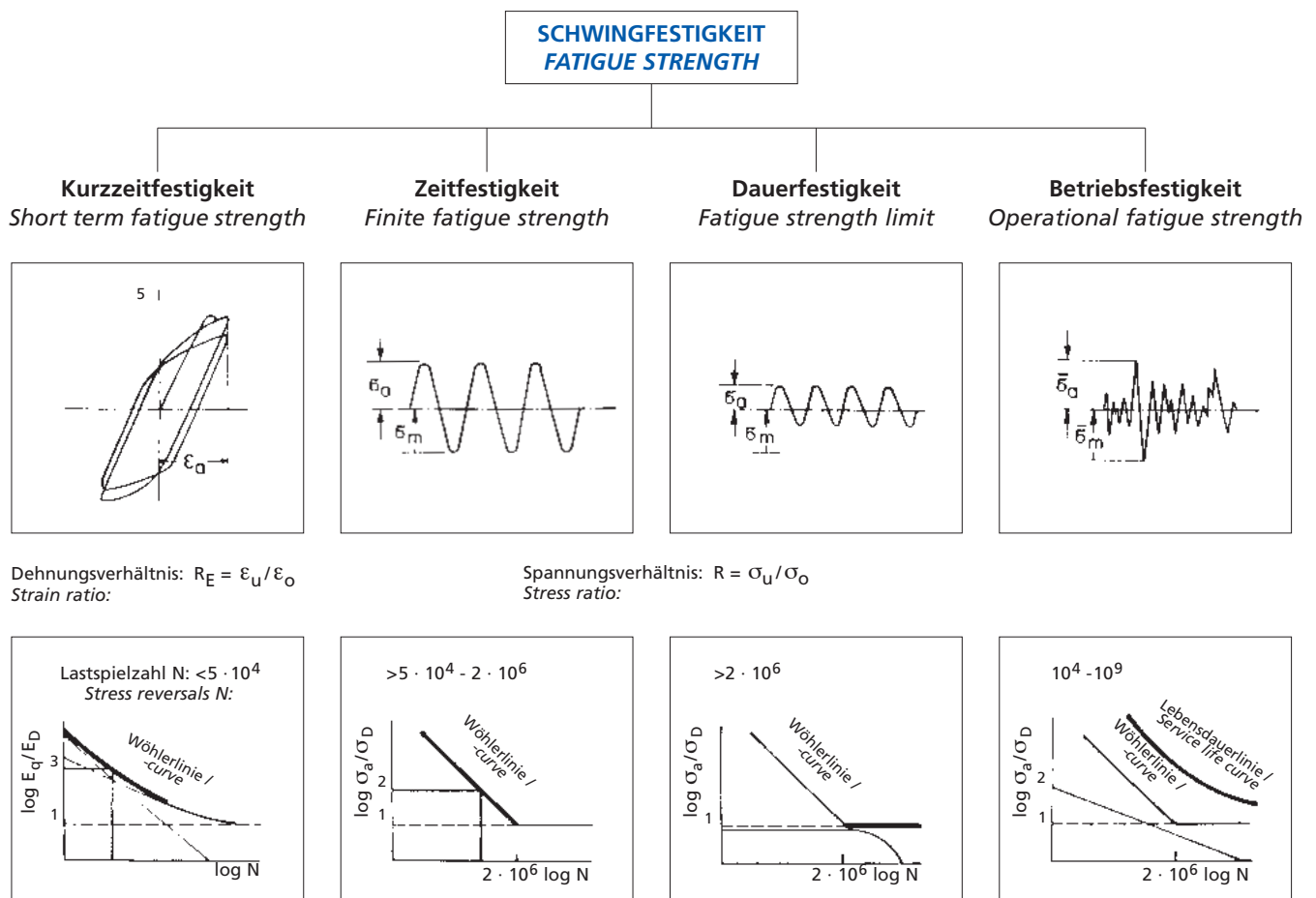
Bei Angaben zur Schwellfestigkeit ist darauf zu achten, ob die Spannungsamplitude oder die Oberspannung angegeben ist. Ebenso ist die Belastungsart, die Probengeometrie und die Schwingspielzahl zu beachten.

Resistance to fatigue under dynamic loading is generally referred to as fatigue strength. What is meant here is the limit of endurance or life of a material or component when subjected to tensile/compression, bending or torsional stresses respectively.

The following definitions are taken from DIN 50100. The time dependent course of a cycling strain is identified by an average load σ_m and the stress amplitude σ_a . The maximum stress limit is σ_o , the minimum stress limit is σ_u . The difference between maximum and minimum stress limit is the range of stress. The number of full cycles are referred as stress reversals N.

The quotient of minimum and maximum stress factor is called stress ratio $R (= \sigma_u / \sigma_o)$. For alternating fatigue the stress ratio $R < 0$, for pulsating fatigue the stress ratio is $R \geq 0$.

While using values for pulsating fatigue strength it is important to be sure if the stress amplitude or the maximum stress limit is listed. Also important is the information about the stress mode, the sample geometry and the number of stress reversals.

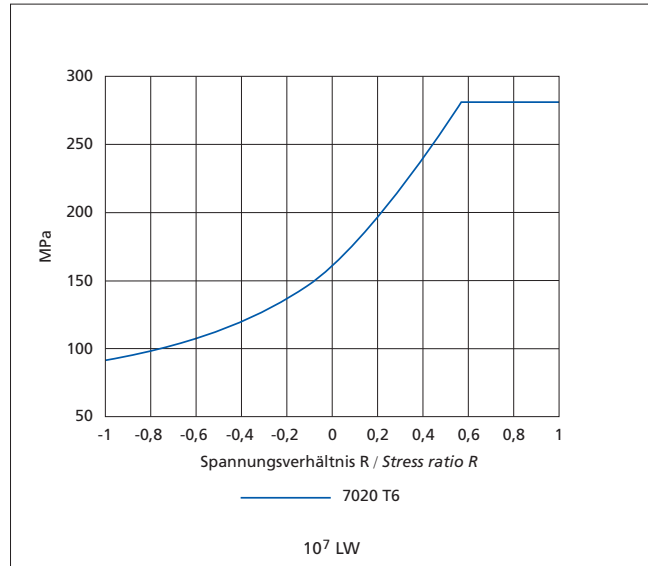
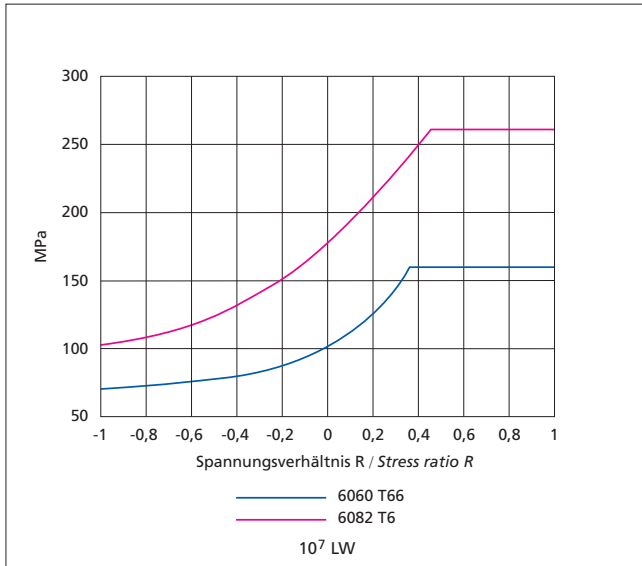


Legierung numerisch <i>Numerical</i>	Chemische Symbole <i>Chemical symbols</i>	Zustand <i>Condition</i>	Wechselbiegefestigkeit $2 \cdot 10^5$ LW $R = -1$ [MPa] <i>Alternating bending strength</i>	Schwellfestigkeit $2 \cdot 10^6$ LW $R = \pm 0$ [MPa] <i>Pulsating fatigue strength</i>
EN AW-1050A	EN AW-AI99,5	O/H111	60	40
		H16	110	60
EN AW-5754	EN AW-AIMg3	O/H111	140	90
		H18	-	100
EN AW-5019	EN AW-AIMg5	O/H111	160	100
		H12	-	110
EN AW-6082	EN AW- <chem>AlSi1MgMn</chem>	T6	150	90
EN AW-7075	EN AW- <chem>AlZn5,5MgCu</chem>	T651	180	120

LW = Lastwechsel / *stress reversals*
- = nicht aufgeführt / *not listed*

Anhaltswerte für die Zeitschwingfestigkeit für verschiedene Legierungen in Abhängigkeit von der Belastungsart und vom Werkstoffzustand (2 mm Blech).
Indication for values of finite fatigue strength for different alloys as a function of the type of stress and the material condition (2 mm sheet).

Quelle / *Reference*: Aluminium-Taschenbuch



Abhängigkeit der Zeitfestigkeit vom Spannungsverhältnis für verschiedene Aluminium-Knetlegierungen.
Finite fatigue strength as a function of the stress ratio for selected wrought aluminium alloys.



Bei Aluminiumlegierungen nehmen mit steigender Einsatztemperatur die Dehngrenze, Zugfestigkeit und Härte ab, während die Bruchdehnung zunimmt.

Bei der Auswahl der Legierungen ist zwischen Werkstoffen im kaltverfestigten und warmausgehärteten Zustand zu unterscheiden. Bei höheren Temperaturen können kaltverfestigte Werkstoffe wieder entfestigen, ausgehärtete Werkstoffe können überhärten und dabei z. B. verspröden. Ausgehärtete Legierungen sollten im Hinblick auf die Erhaltung des T6-Zustandes dauerhaft nicht höher als 120°C beansprucht werden.

Die Übertragbarkeit von Warmzugfestigkeitswerten auf das Betriebsverhalten eines Bauteils ist nur bedingt gegeben, weil die Bestimmung im Kurzzeitversuch geschieht. Bei längerem Einsatz bei Temperaturen über 100°C können sich im Bauteil Vorgänge wie Kriechen und Gefügeumwandlungen abspielen. In solchen Fällen müssen die Zeitdehngrenzen als Bemessungsgrundlage dienen.

Einige Aluminiumlegierungen sind besonders für den Einsatz bei höheren Temperaturen geeignet, wie z. B. die Legierung EN AW-AlCu2Mg1,5Ni (EN AW2618A).

Aluminiumlegierungen zeigen bei tiefen Temperaturen keine Tieftemperaturversprödung wie z. B. einige Stahlsorten. Die statische Festigkeit und die Wechselfestigkeit nehmen bei sinkender Temperatur zu. Wesentlich ist das günstige Verhalten der Kerbschlagzähigkeit bei tieferen Temperaturen.

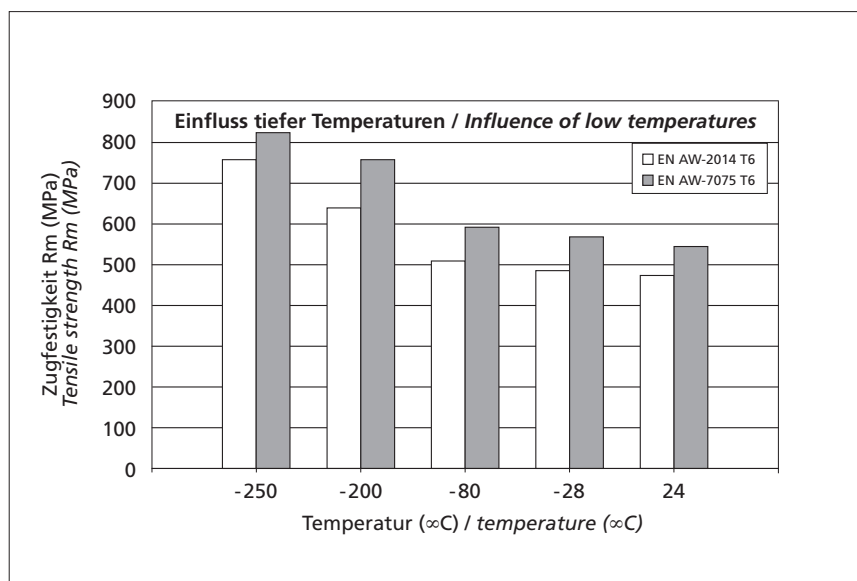
With aluminium alloys an increasing service temperature results in reductions in the yield strength, tensile strength and hardness but an increase in the elongation at fracture.

In the selection, differentiation should be made between alloys in the as strain hardened condition and artificially aged materials. At elevated temperatures strain hardening material can be softening, age hardening material can be overhardening and get e.g. brittle. With regard to conserve the T6 condition, temperatures above 120°C should not be used.

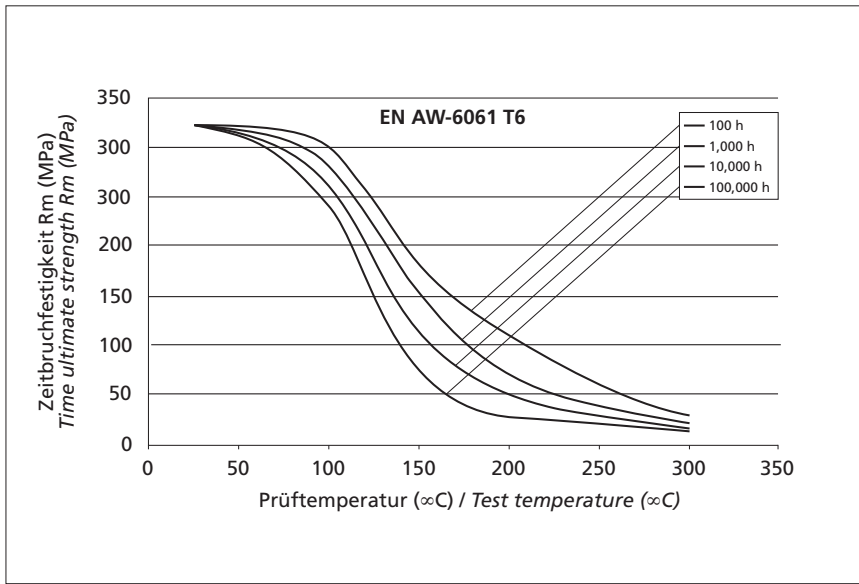
The transferability of elevated temperature strength values to the service behaviour is only conditionally possible because they are determined in the accelerated test. With longer exposure time at temperatures above 100°C processes such as creep and transformation of the microstructure can take place. In such cases the creep strain limit must be used for evaluation.

Some aluminium alloys are especially suitable for use at elevated temperatures e.g. the alloy EN AW-AlCu2Mg1,5Ni (EN AW-2618(A)).

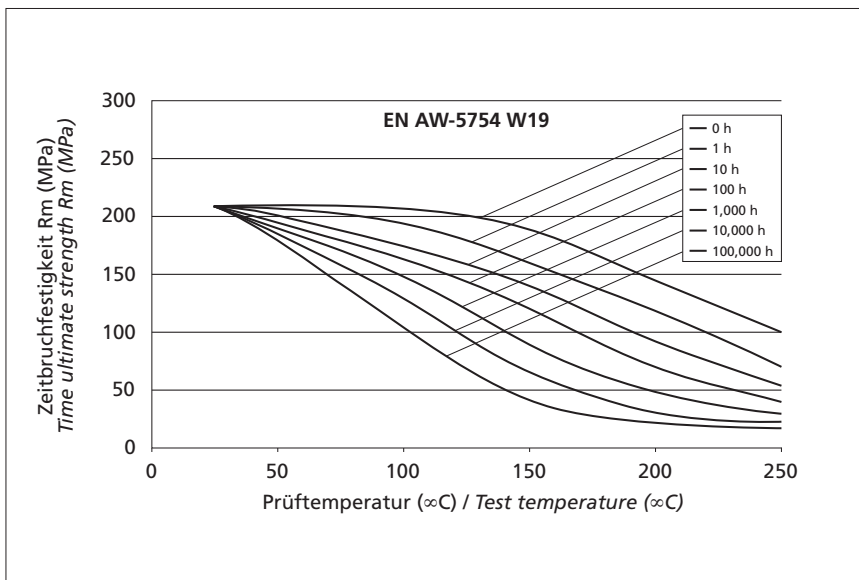
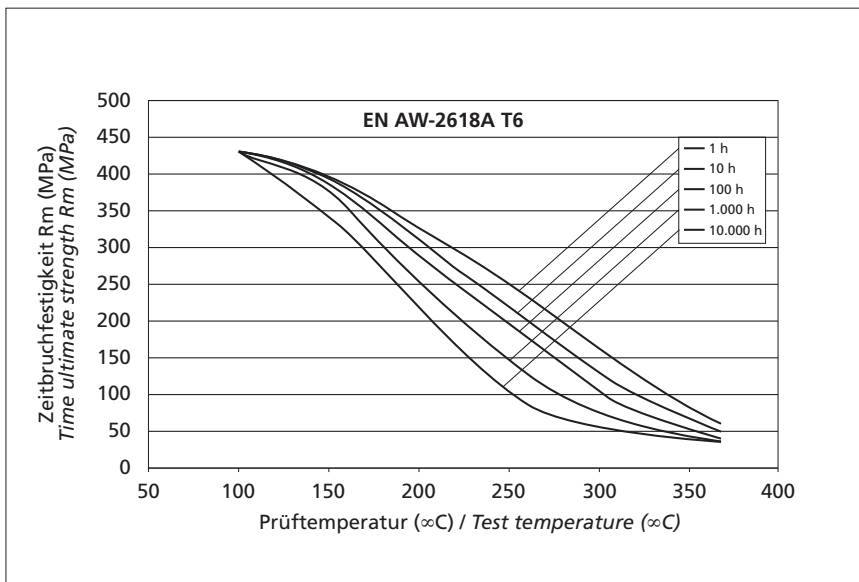
At low temperatures aluminium exhibit no low temperature embrittlement, as occurs with some steels. Significant is the better fracture toughness at lower temperature.



Quelle / Reference: Aluminium, ASM



**ZEITBRUCHFESTIGKEIT FÜR
VERSCHIEDENE ALUMINIUM-
LEGIERUNGEN**
*TIME TENSILE STRENGTH FOR
SELECTED ALUMINIUM ALLOYS*



Quelle / Reference: Aluminium, ASM

ELOXAL

Das am häufigsten angesetzte Verfahren ist die anodische Oxidation mittels Gleichstrom und Schwefelsäure (GS) nach DIN 17611. Dieses Verfahren bezeichnet man im allgemeinen Sprachgebrauch als:

Elektrolytisch - Oxidiertes - Aluminium (Eloxal)-Verfahren

Die Schichtdicken liegen zwischen 6 und 20 µm. Bei den meisten Anwendungsfällen wird dem Oxidationsprozess eine chemische Behandlung durch Beizen vorgeschaltet (gemäß E6 – siehe hierzu „Vorbehandlung“). Bei hohen Anforderungen ist eine mechanische Vorbehandlung sinnvoll (E1 - E5). Wichtig ist, dass die aufgebrauchte Oxidschicht durch eine sorgfältige Behandlung konserviert wird. Die Verdichtung erfolgt bei ca. 100°C im Wasserbad.

VORBEHANDLUNG NACH DIN 17611

Die mechanische und/oder chemische Vorbehandlung dient dazu, die Oberfläche der Teile für die anodische Oxidation vorzubereiten. Hierdurch können bestimmte Oberflächeneffekte erzielt werden. Die Art der jeweiligen Behandlung ist durch das entsprechende Kurzzeichen anzugeben (siehe Tabelle auf Seite 27). Es ist zu beachten, dass unter denselben Kurzzeichen durch technisch unvermeidbare Schwankungen sich unterschiedliche Oberflächeneffekte ergeben können.

Deshalb müssen zwischen dem Auftraggeber und dem für die Oberfläche verantwortlichem Betrieb, Vereinbarungen über das gewünschte Aussehen, anhand von anodisierten Mustern für das Halbzeug bzw. für daraus hergestellte Teile, getrennt nach Walz- und Strangpressergebnissen, getroffen werden.

Farbige Eloxalschichten werden überwiegend im Zwei-Stufen-Verfahren erzeugt. Die Farbgebung resultiert aus Metallen, die in die Oxidschicht eingelagert werden. Dieses Verfahren wird oft angewandt, weil eine weitgehende farbliche Anpassung an andere Bauteile, insbesondere im Design- und Möbelbereich, gefordert wird.

Beim Lackieren bzw. Beschichten sind Farbgebungen möglich, die beim Eloxieren nicht erreicht werden können. Wegen der besseren Umweltverträglichkeit und aufgrund der Wirtschaftlichkeit, hat sich die elektrostatische Pulverbeschichtung durchgesetzt.

Das Furnieren wird sowohl im Innenausbau bei Trennwänden und Büromöbeln, als auch im Wohnhausbereich und in der Fahrzeugindustrie (Innenraum bei PKW) angewandt. Hierbei kann das tragende Element als Blech oder Strangpressprofil mit all seinen Möglichkeiten ausgelegt und mit dem Sichtbereich der „Edle Holzcharakter“ gegeben werden.

Einen Überblick über weitere mögliche Oberflächenbehandlungsverfahren bei Aluminium zeigt die folgende Grafik:

Methoden der Vorbehandlung der Metalloberfläche

Mechanisch: Gleitschleifen, Schleifen, Polieren, Bürsten, Strahlen
Reinigen: Verwendung organischer Lösungsmittel und/oder alkalischer Reiniger

Methoden der Aufbringung anorganischer Überzüge auf die Al-Oberfläche

Chemische Behandlung	Elektrochemische Behandlung	Physikalische Methode
Phosphatieren	Anodisieren	PVD
Chromatieren	Galvanisieren (Zn, Cu, Ni, Cr. usw.)	Flamm- oder Plasmaspritzen
Fluorozirkonat (chromfrei)	außenstromlose Metallabscheidung wie chem. Ni	

Methoden der Aufbringung organischer Überzüge auf die Al-Oberfläche bzw. den anorg. Überzug

Lackieren: Nasslack, Pulverlack / EPS, Strukturlack, Tauchlack (KTL), Gleitlack
--

Das Kurzzeichen soll es ermöglichen, bei der Bestellung, die Art der Vorbehandlung kurz und allgemein anzugeben. Einzelheiten über den zu erzielenden Oberflächeneffekt sind durch die Angabe eines Kurzzeichens nicht festgelegt.

Kurzzeichen	Art der Behandlung		Hinweis und Erläuterungen
	Vorbehandlung	Haupt-/Nachbehandlung	
EO (P0)	Ohne wesentliche oberflächen-abtragende Vorbehandlung	Anodisiert und verdichtet	Die anodische Oxidation wird nach Entfetten und Beizen (Beseitigung der vorhandenen Oxidschicht) ohne weitere Vorbehandlung durchgeführt. Die durch die Herstellung und/oder Bearbeitung bedingte Oberflächenbeschaffenheit bleibt erhalten. Riefen, Kratzer, Scheuerstellen, Feilstriche und dergleichen bleiben sichtbar. Korrosionserscheinungen, die vor dem Beizen nicht oder nur schwer erkennbar sind, können durch diese Behandlung sichtbar werden.
E1 (P1)	Geschliffen	Anodisiert und verdichtet	Durch Schleifen wird eine relativ gleichmäßige, etwas stumpf aussehende Oberfläche erzielt. Oberflächenfehler werden weitgehend beseitigt (kein Planschliff). Je nach Schleifkörnung sind grobe bis feine Schleifriefen sichtbar.
E2 (P2)	Gebürstet	Anodisiert und verdichtet	Durch Bürsten entsteht eine gleichmäßige, helle Oberfläche (im Unterschied zu E1). Die Bürstenstriche sind sichtbar. Riefen, Kratzer, Scheuerstellen und Feilstriche werden nur zum Teil entfernt.
E3 (P3)	Poliert	Anodisiert und verdichtet	Durch Polieren entsteht eine glänzende Oberfläche. Riefen, Kratzer, Scheuerstellen, Feilstriche und sonstige Oberflächenfehler werden nur bedingt beseitigt: Stegabzeichnungen an Profilen können durch diese Behandlung deutlich sichtbar werden.
E4 (P4)	Geschliffen und gebürstet	Anodisiert und verdichtet	Durch Schleifen und Bürsten wird eine gleichmäßige, helle Oberfläche erzielt. Riefen, Kratzer, Scheuerstellen, Feilstriche und sonst. Oberflächenfehler – vor allem verdeckte Korrosionserscheinungen, die bei Behandlung nach E0 und E6 sichtbar werden können, werden beseitigt (kein Planschliff).
E5 (P5)	Geschliffen und poliert	Anodisiert und verdichtet	Durch Schleifen und Polieren wird ein glattes, glänzendes Aussehen der Oberfläche erzielt. Riefen, Kratzer, Scheuerstellen, Feilstriche und sonstige Oberflächenfehler – vor allem verdeckte Korrosionserscheinungen, die bei Behandlung nach E0 oder E6 sichtbar werden können, werden beseitigt (kein Planschliff).
E6 (P6)	Chemisch behandelt in Spezialbeize	Anodisiert und verdichtet	Nach dem Entfetten wird durch Behandlung in speziellen Beizlösungen eine satinierte oder mattierte Oberfläche erzielt. Hierbei können die durch Herstellung und/oder Bearbeitung bedingten zulässigen leichten Riefen und Aufrauungen nicht völlig beseitigt, sondern höchstens egalisiert werden. Etwaige, das dekorative Aussehen beeinträchtigende Korrosionserscheinungen, die vor dem Beizen nicht oder nur schwer erkennbar sind, können durch diese Behandlung sichtbar werden. Diese Korrosionserscheinungen können jedoch durch eine zusätzliche mechanische Vorbehandlung beseitigt werden.

Die in Klammern angegebenen Kurzzeichen (P0) bis (P6) sind ein Vorschlag in ISO/TS „Anodisch oxidiertes Aluminium“ zur Kennzeichnung der Vorbehandlung (P= Pretreatment). Gefügeunregelmäßigkeiten, z. B. streifenförmige Grobkornbildung, Stegabzeichnungen, die bei der Herstellung von stranggepresstem Halbzeug nicht immer zu vermeiden sind sowie Strangpressnähte können insbesondere durch die E6-Behandlung hervorgehoben werden. Deshalb sind für Halbzeug, das für eine E6-Behandlung vorgesehen ist, besondere Maßnahmen zum Korrosionsschutz erforderlich, siehe weitere Erläuterungen DIN 17611.

ELOXAL

The process most commonly used is anodic oxidation DIN 17611 where the aluminium is immersed as the anode in an electrolyte and a direct current is applied. This process is widely known as the

Electrolytically – Oxidised – Aluminium (Eloxal) process.

The layer thicknesses are between 6 and 20 µm. For most applications, the oxidation process is preceded by a chemical pickling treatment (in accordance with E6; see table of preliminary treatments).

For high requirements, a preliminary mechanical treatment is also advisable (E1 – E5). It is important to preserve the oxide layer by means of careful treatment. The compression takes place in a water bath at approx. 100°C.

PRE-TREATMENT ACCORDING TO DIN 17611

The preliminary mechanical and/or chemical treatment is intended to prepare the surface for oxidation by anodising. This makes it possible to achieve certain surface effects. The type of treatment should be indicated by the appropriate abbreviation (see table). It should be noted that the surface effects may fluctuate slightly within the same abbreviation category. These

fluctuations are due to technical reasons and are unavoidable. For this reason, the desired appearance should be agreed between the customer and the anodiser using samples of the semi-finished material (or the parts manufactured from these) depending on whether the material is rolled or extruded.

Coloured Eloxal layers are generally achieved in a two-stage process. The colouring is the result of metals embedded in the oxide layer during the process. This process is often used where a good colour match with other components is required, in particular in the design and furniture sectors.

Through lacquering and coating it may be possible to achieve colouring which is not obtainable through anodising. Electrostatic powder coating has become widespread for environmental and economic reasons.

Veneering is used in interiors (partition walls) and office furniture as well as in residential buildings and the automotive industry (vehicle interiors). Supporting elements can be designed in sheet or extruded material (with all their advantages) and then be treated to obtain the appearance of high-quality wood in the areas where they are seen.

The following diagram gives a brief resumé of the other methods of treating aluminium surfaces:

Methods of pretreating metal surfaces

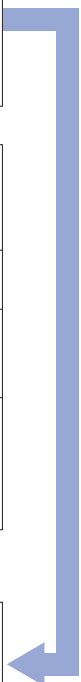
Mechanical: vibratory grinding, grinding, polishing, brushing, sandblasting
Cleaning: use of organic solvents and/or alkaline cleaning agents

Methods of applying inorganic coats to aluminium surfaces

Chemical treatment	Electrochemical treatment	Physical method
Phosphating	Anodising	PVD
Chromating	Galvanising (Zn, Cu, Ni, Cr. usw.)	Flame or plasma-spraying
Fluoro zirconate (chromium-free)	Metal precipitation without external current, e.g. chem. Ni	

Methods of applying organic coats to aluminium surfaces or inorganic coats

Lacquering: wet-lacquer, powder lacquer / EPS, structure lacquer, immersion lacquer (KTL), sliding lacquer



The individual abbreviations are intended to allow the exact type of preliminary treatment to be specified briefly and generally when placing the order. They do not refer to the details of the surface effect to be achieved.

Abbreviation	Type of Treatment		Notes and explanations
	Preliminary treatment	Main and after treatment	
E0 (P0)	Pre-treatment without significant removal of surface material	Anodised and compressed	Anodic oxidation is carried out following de-greasing and pickling (removal of existing oxide layer) without any further operations. The surface quality obtained during production and/or machining is retained. Scores, scratches, scuffs, file marks etc. remain visible. Any corrosion which was (practically) invisible before pickling may be revealed by this treatment.
E1 (P1)	Ground	Anodised and compressed	Grinding achieves a relatively even surface with a rather dull appearance. Any surface defects present are substantially removed (not flat grinding). Depending on the abrasive grain, coarse or fine scoring may be visible.
E2 (P2)	Brushed	Anodised and compressed	Brushing creates an even light-coloured surface (by contrast to E1). The brush strokes are visible. Scores, scratches, scuffs and file marks are only partially removed.
E3 (P3)	Polished	Anodised and compressed	Polishing creates a shiny surface. Scores, scratches, scuffs, file marks and other surface defects are not fully removed. Rib traces on extrusions may become clearly visible through this treatment.
E4 (P4)	Ground and brushed	Anodised and compressed	Grinding and brushing creates an even, bright surface. Scores, scratches, scuffs, file marks and other surface defects (in particular concealed traces of corrosion) which may be revealed by E0 and E6 treatments, are removed (not flat grinding).
E5 (P5)	Ground and polished	Anodised and compressed	Through grinding and polishing a smooth shiny surface appearance is achieved. Scores, scratches, scuffs, file marks and other surface defects (in particular concealed traces of corrosion) which may be revealed by E0 and E6 treatments, are removed (not flat grinding).
E6 (P6)	Chemically treated in special pickling solution	Anodised and compressed	Following de-greasing, a satiny or matt surface is obtained by treatment in special pickling solutions. Permissible slight scores and rough areas caused in production are not fully removed (at best smoothed over). Any corrosion which was (practically) invisible before pickling (and which may impair the decorative appearance) may be revealed by this treatment. However, these traces of corrosion can be removed by additional mechanical treatment beforehand.

The abbreviations given in brackets (P0) to (P6) are proposed in ISO/TS „Anodic Oxidised Aluminium“ for designating the preliminary treatment (P = pretreatment). Structural irregularities, e.g. stripe-shaped areas of coarse grain, rib marks, which may be generated in the production of extruded semi-finished materials (and which are not always avoidable), as well as extruding seams, may be emphasised, especially by the E6 treatment. For this reason, special corrosion-protection measures are required for semi-finished material which is intended for E6 treatment. For more details, see DIN 17611.

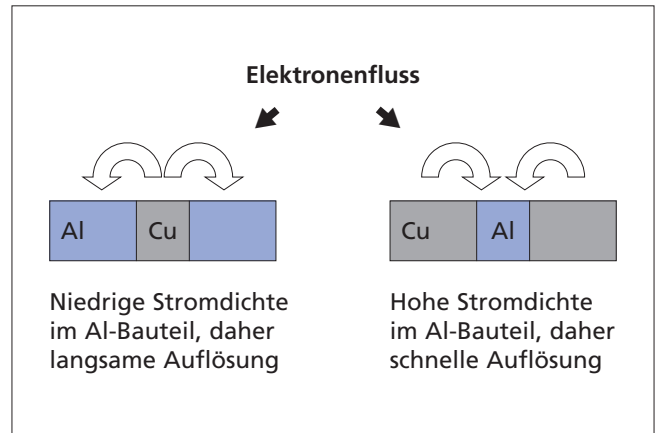
Bauteile aus Aluminium verdanken ihre Korrosionsbeständigkeit einer natürlichen, dünnen, festhaftenden Schicht bis zu 0,1µm aus Oxiden und Hydroxiden. Diese Schicht kann an Fehlstellen im Schichtaufbau, besonders durch chlorionenhaltige, wässrige Flüssigkeiten durchbrochen werden, wodurch es zu einem Korrosionsangriff kommen kann.

Bei dauerndem Angriff, zum Beispiel durch Meerwasser, kann es zu tiefen Lochkorrosionsstellen kommen. Hier wirkt sich das Zulegieren von Mg positiv auf die Korrosionsbeständigkeit aus, da MgO in die Oxidschicht eingebaut wird und einen besseren Schutz gewährt.

Die Schicht ist in einem pH-Bereich von 4,5 - 8,5 weitgehend beständig. Ausnahmen bildet dabei konzentrierte Salpetersäure (pH = 1), konzentrierte Essigsäure (pH = 2,5) und Ammoniumhydroxid (pH = 13). Diese greifen Aluminium kaum an. Verunreinigungen durch Schwermetalle wie Cu, Ni, Fe können sich negativ auf die Beständigkeit auswirken. Si hat keinen großen Einfluss.

Der Gefügestand, d. h. die Art und Form von Ausscheidungen im Mikrogefüge ist mitentscheidend für die Beständigkeit. Darum sind bestimmte Wärmebehandlungszustände korrosionsfördernd oder auch hemmend. Häufig ist eine Lokalelementbildung Ursache für einen örtlich konzentrierten Angriff. Hierbei erfolgt eine anodische Auflösung der unedleren Bestandteile.

Beim Zusammenbau mit anderen Werkstoffen ist darauf zu achten, dass kein elektrisch leitendes Medium als Verbindung zwischen die beiden verschiedenen Werkstoffe gelangt. Anderenfalls entsteht ein galvanisches Element, bei dem sich das elektrochemisch unedlere Metall auflöst. Die Potenzialdifferenz zwischen den Werkstoffen ist eine Voraussetzung, um eine Metallauflösung zu bewirken. Maßgebend bei Aluminium ist aber die anodische Stromdichte für die Metallauflösung. Somit spielen die Flächenverhältnisse der beiden Werkstoffpartner (Elektroden) mit eine ausschlaggebende Rolle.



Als Korrosionsschutzmaßnahmen bieten sich je nach Anforderung unterschiedliche Verfahren an. Die natürliche Oxidschicht kann durch Anodisieren durch wesentlich dickere Schichten, die bei Hartanodisation bis 100 µm dick sein können, ersetzt werden.

Die höher Si-haltigen Legierungen zeigen hierbei eine Graufärbung und sind nicht dekorativ zu verwenden. Eine „technische“ Anodisierung ergibt einen wesentlich verbesserten Korrosionsschutz und bietet im unverdichteten Zustand eine hervorragende Grundlage für Anstrichsysteme. Des Weiteren können chemisch erzeugte Schichten durch Phosphatierung und Chromatierung als Korrosionsschutz erzeugt werden. Ein weites Anwendungsfeld von Anstrich- und Beschichtungssystemen steht als Korrosionsschutz auch mit dekorativem Aussehen zur Verfügung. Hierzu bedarf es einer speziellen Beratung.

Ergebnisse aus genormten Prüfmethode zum Korrosionsverhalten können nur mit bekanntem Verhalten relativiert werden. Eine direkte Übertragung der Ergebnisse in die Praxis ist nicht zulässig.

30

Die Korrosionsarten lassen sich auf folgende Mechanismen zurückführen:

Passivierung	➔	Bildung von $Mg(OH)_2$ bei pH > 8,5: Passivschicht stabil bei pH < 8,5: Auflösung der Passivschicht und H_2 -Entwicklung durch Korrosion des Al
Lochfraßkorrosion	➔	Gefügeinhomogenitäten, z. B. Ausscheidungen eigentlich eine galvanische Korrosion
Spannungsrissskorrosion	➔	Versprödung der Risspitze durch Adsorption von H_2
Galvanische Korrosion	➔	Anodischer Stromfluss zwischen der Werkstoffpaarung Aluminium/Metall an der Kontaktstelle

Corrosion and corrosion protection

Corrosion resistance of aluminium components is attributable to a natural strongly adhering thin skin of up to $0.1\ \mu\text{m}$ thickness consisting of oxides and hydroxides. At positions where the skin is broken it is possible for liquids containing chlorine ions to penetrate and set up corrosion.

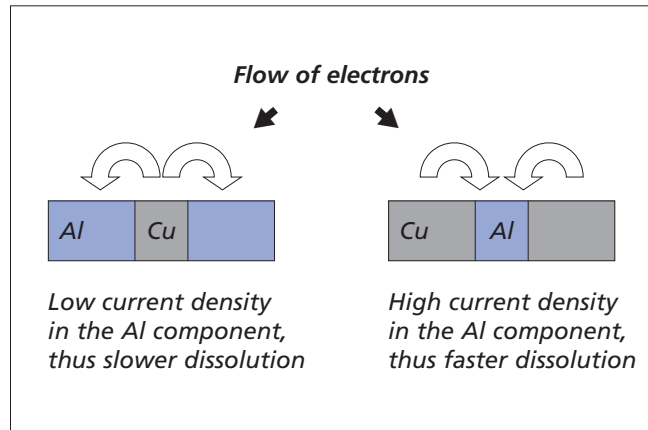
With permanent attack, e.g. by sea water, this can result in deep corrosion pits. Here, alloying with Mg has a positive effect on the corrosion resistance because MgO is built into the oxide skin and ensures better protection.

The skin is highly resistant within a pH range of 4,5 to 8,5. Exceptions to this include nitric acid (pH = 1), concentrated acetic acid (pH = 2,5) and caustic ammonia (pH = 13). These agents hardly ever attack aluminium. Impurities of heavy metals such as Cu, Ni, Fe can have a negative effect on the corrosion resistance. Si has no great influence.

The condition of the microstructure, i.e. the type and the shape of the precipitations, is an equally important decisive factor for the corrosion resistance. Certain heat treatment conditions therefore either promote or inhibit corrosion. Local formation of a galvanic element is frequently the cause of local corrosion. The result is anodic dissolution of the base constituents.

During the assembly of components comprising different materials care should be taken to ensure that no electrically conductive medium comes between them. This would otherwise produce a galvanic element and result in the electrochemical dissolution of base metal. The potential difference between the materials is the basic cause for the dissolution of the metal, the density of the anodic current being the decisive factor. Consequently, the area ratio of both material partners (electrodes) play a decisive role.

According to the requirements various methods are available for corrosion protection. The natural oxide skin



can be replaced by considerably thicker hard anodised layers of up to $100\ \mu\text{m}$ thickness.

Alloys with a higher Si content become grey in colour and not suitable for decorative purposes. Technical anodising results in considerably better corrosion protection and in the non-compacted condition it provides an excellent base for paint systems. Furthermore, chemical produced coatings such as phosphating and chromating can be used for protection against corrosion. A further field of the use of paint and coating systems is also available for corrosion protection with a decorative appearance but special advice is required here.

Results from standardised test methods for corrosion behaviour can only be compared under known conditions. Direct transfer into practical use is not admissible.

The different types of corrosion can be lead back to following mechanism:

Passivation	➔	Building of $\text{Mg}(\text{OH})_2$ at pH > 8,5: stable passivation layer at pH < 8,5: dissolution of the passivation layer and development of H_2 -at corrosion of Al
Pitting corrosion	➔	Inhomogenities, e.g. precipitations, actually a galvanic corrosion
Stress-corrosion cracking	➔	Embrittlement of crack tip after adsorption of H_2
Galvanic corrosion	➔	Anodic flow of current between aluminium/metal at the contact area

Wärmebehandlungen von Knetlegierungen

Bei den naturharten Aluminium-Knetlegierungen bewirken die Kaltverfestigung und die Mischkristallhärtung die Festigkeitssteigerung, wobei die Kaltverfestigung den größeren Einfluss hat.

Durch jeglichen Wärmeeintrag wird die Festigkeit naturharter Werkstoffe erniedrigt. Diese Art der Wärmebehandlung bewirkt ein Ausheilen der durch Kaltverformung entstandenen Versetzungen und Fehlstellen im Atomgitter.

Neben der bei niedrigeren Temperaturen stattfindenden „Erholung“ des Gitters tritt bei höheren Temperaturen eine „Rekristallisation“ (Weichglühen) ein, bei der sich die verformten und gestreckten Körner im Gefüge neu bilden und eine rundliche Form annehmen.

Aushärtbare Aluminium-Knetlegierungen verfestigen sich ebenfalls durch Kaltumformung. Die Ausscheidungshärtung zur Festigkeitssteigerung hat jedoch bei diesem Legierungstyp einen weitaus größeren Stellenwert. Dabei läuft eine Wärmebehandlung in drei Schritten ab: Lösungsglühen, Abschrecken mit ausreichend hoher Abkühlgeschwindigkeit und Auslagern bei Raumtemperatur (Kaltauslagern) oder erhöhter Temperatur (Warmauslagern).

Die sogenannten Basiszustände, ggfs. mit Unterteilungen, sind in DIN EN 515 genormt und beschreiben die Fertigungszustände der Aluminium-Knetlegierungen. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Zustände und Unterteilungen aufgeführt.

Bezeichnung	Zustand	Beschreibung	Alte DIN Bezeichnung
F	Herstellungszustand	Für diesen Zustand sind keine Grenzwerte der mechanischen Eigenschaften festgelegt	F
O	Weichgeglüht	Erzielung eines Zustandes mit möglichst geringer Festigkeit	W
H	Kaltverfestigt	Erzielung festgelegter mechanischer Eigenschaften durch Kaltverformung	F
H1		Nur kaltverfestigt, ohne zusätzliche thermische Behandlung	
H2		Kaltverfestigt und rückgeglüht; geringfügig verbesserte Dehnung gegenüber Zustand H1	G
H3		Kaltverfestigt und stabilisiert; verbessertes Umformvermögen	
W	Lösungsgeglüht	Instabiler Zustand für aushärtbare Legierungen	
T	Wärmebehandelt	Einstellen eines stabilen Zustandes	
T1		Abgeschreckt aus der Warmumformungstemperatur und kaltausgelagert	
T2		Abgeschreckt aus der Warmumformungstemperatur, kaltumgeformt und kaltausgelagert	
T3		Lösungsgeglüht, kaltumgeformt und kaltausgelagert	
T4		Lösungsgeglüht und kaltausgelagert	ka
T5		Abgeschreckt aus der Warmumformungstemperatur und warmausgelagert	
T6		Lösungsgeglüht und warmausgelagert	wa
T7		Lösungsgeglüht und überhärtet/stabilisiert; verbesserte Bruchzähigkeit und Beständigkeit gegen Spannungsriss- und Schichtkorrosion	
T8		Lösungsgeglüht, kaltumgeformt und warmausgelagert	

Einige Legierungen der 6000er- und 7000er-Reihe erreichen dieselben festgelegten mechanischen Eigenschaften, ob sie nun im Ofen lösungsgeglüht oder aus der Warmumformungstemperatur abgeschreckt werden. In diesen Fällen werden die Zustandbezeichnungen T3, T4, T6, T7 und T8 gleichwertig für beide Verfahren verwendet.

Heat treatments for wrought alloys

In the non-heat treatable aluminium wrought alloys, strain-hardening and mixed-crystal hardening cause the strength to increase. Of the two, strain-hardening has the greater effect.

Any application of heat causes a diminution in the strength of non-heat treatable alloys. Any heat treatment causes the displacements and defects in the atomic lattice caused by cold forming to heal.

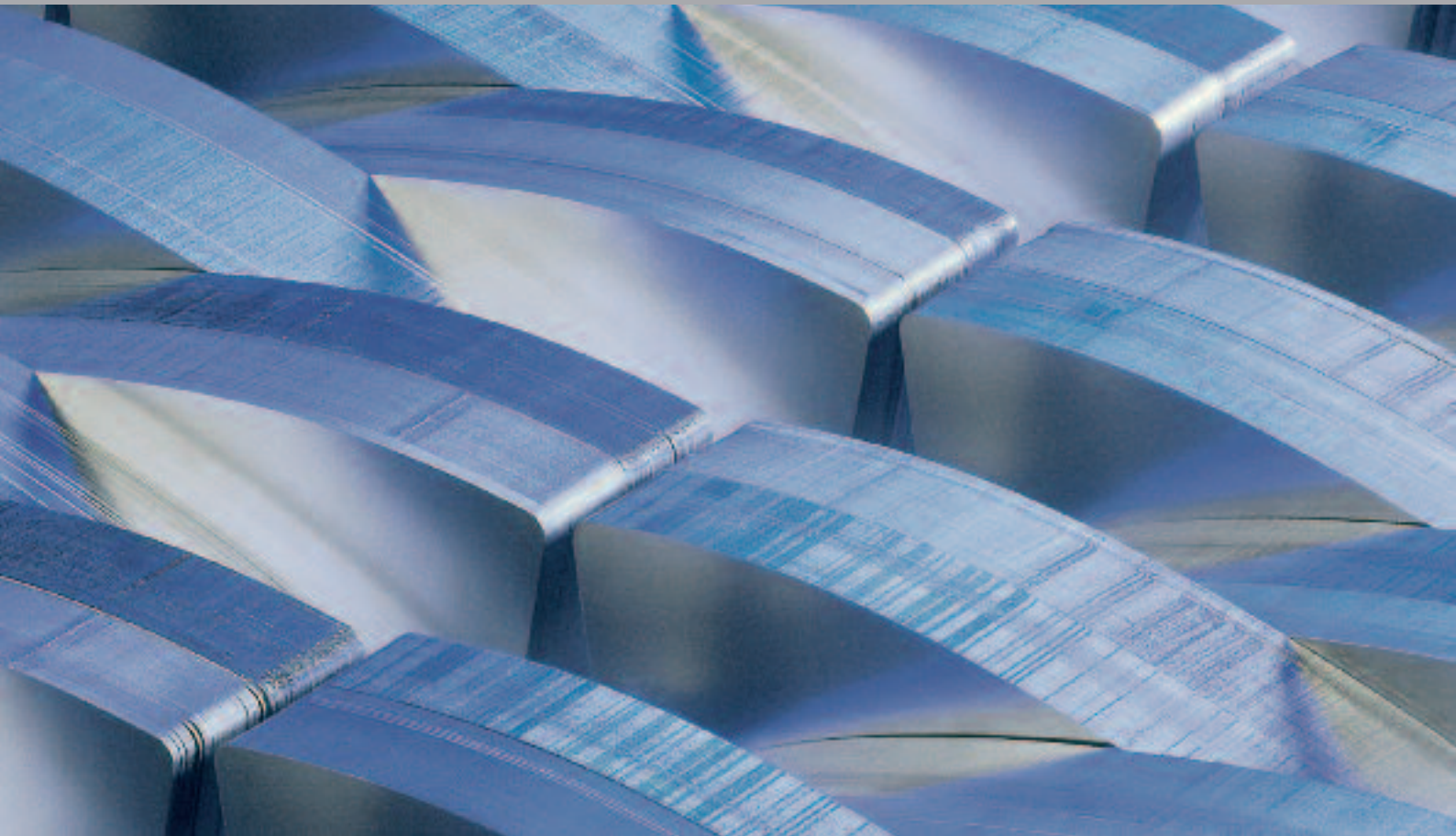
Besides the „recovery“ of the lattice taking place at low temperature, „re-crystallisation“ (soft-annealing) also occurs at higher temperatures. Deformed and stretched grains in the structure re-form and assume on a more rounded shape.

Heat-treatable aluminium wrought alloys also undergo strengthening through cold forming. However, in this type of alloy, precipitation hardening plays a much more important role in increasing the strength. Heat-treatment takes place in three phases: solution heat-treatment, quenching at sufficiently high cooling speed, and natural ageing at ambient temperature or elevated temperature (artificial ageing).

The so-called basic states (with their sub-divisions) are standardised in DIN EN 515 and describe the production states of aluminium wrought alloys. The most important states and sub-divisions are shown in the following table.

Designation	State	Description	Former DIN Designation
F	Production state	For this state, no limit values for mechanical characteristics are specified	F
O	Soft annealed	Achievement of state with strength as low as possible	W
H	Strain-hardened	Achievement of specified mechanical characteristics through cold forming	F
H1		Strain-hardened only without additional thermal treatment	
H2		Strain-hardened and re-annealed; slightly improved elongation compared to state H1	G
H3		Strain-hardened and stabilised; improved forming capability	
W	Solution heat-treated	Instable state for heat-treatable alloys	
T	Heat-treated	Creation of a stable state	
T1		Quenched from the hot forming temperature and naturally aged	
T2		Quenched from the hot forming temperature, cold formed and naturally aged	
T3		Solution heat-treated, cold-formed and naturally aged	
T4		Solution heat-treated and naturally aged	ka
T5		Quenched from the hot forming temperature, and artificially aged	
T6		Solution heat-treated and artificially aged	wa
T7		Solution heat-treated and overhardened/stabilised; improved fracture toughness and resistance to stress-corrosion cracking and layer corrosion	
T8		Solution heat-treated, cold formed and artificially aged	

Some alloys of the series 6000 and 7000 achieve the same specified mechanical properties whether they are solution treated in the furnace or quenched at the hot-forming temperature. In these cases, the state descriptions T3, T4, T6, T7 and T8 are used equally for both processes.



Lieferprogramm Walzwerk Meschede / Portfolio of rolling plant Meschede

BÄNDER - BLECHE - PLATTEN - RONDEN - MONTAGETEILE
 COILS - SHEETS - PLATES - CIRCLES - ASSEMBLING PARTS

Abmessungen
 Dimensions

	Dicke [mm] Thickness	Breite [mm] Width	Länge [mm] Length	Durchmesser [mm] Diameter
Bänder / Coils ¹⁾	0,3 - 3,0	max. 1.250	-	-
Bleche - Platten / Sheets - Plates	0,3 - 2,0 3,0 - 130	max. 1.500 ²⁾	max. 4.000	-
Ronden / Circles	0,4 - 130	-	-	100 - 1.400 ³⁾

¹⁾ Band-Innendurchmesser wahlweise 400 oder 500 mm

²⁾ Bis 3 mm Dicke beträgt die max. Breite 1.250 mm, darüber hinaus liegt das max. Stückgewicht bei ca. 150 kg

³⁾ Bis 3 mm Dicke beträgt der max. Durchmesser 1.250 mm

¹⁾ Inner diameter of coil 400 or 500 mm as required

²⁾ Up to 3 mm thickness, the maximum width is 1.250 mm, up to maximum piece weight of approx. 150 kg

³⁾ Up to 3 mm thickness, the maximum diameter is 1.250 mm



Legierung nach EN 573 <i>Alloy according to EN 573</i>		DIN 1725	
Numerisch <i>Numerical</i>	Chemische Symbole <i>Chemical symbols</i>	Numerisch <i>Numerical</i>	Chemische Symbole <i>Chemical symbols</i>
Glänzwerkstoffe / Bright Finishing Alloys			
-	-	-	Al99,96
EN AW-1080A	EN AW-Al99,8(A)	3.0285	Al99,8
EN AW-1090	EN AW-Al99,9	-	-
EN AW-5210	EN AW-Al99,9Mg0,5	-	-
EN AW-5505	EN AW-Al99,9Mg1	3.3308	Al99,9Mg0,5
EN AW-5657	EN AW-Al99,85Mg1(A)	-	-
Reinaluminium / Pure Aluminium			
EN AW-1050A	EN AW-Al99,5	3.0255	Al99,5
EN AW-1070A	EN AW-Al99,7	3.0275	Al99,7
EN AW-1350A	EN AW-E Al99,5(A)	3.0257	E-Al
Nicht aushärtbare Werkstoffe / Non age hardening Alloys			
EN AW-3003	EN AW-AlMn1Cu	3.0517	AlMnCu
EN AW-3103	EN AW-AlMn1	3.0515	AlMn1
EN AW-5005A	EN AW-AlMg1(C)	3.3315	AlMg1
EN AW-5010	EN AW-AlMg0,5Mn	-	-
EN AW-5049	EN AW-AlMg2Mn0,8	3.3527	AlMg2Mn0,8
EN AW-5052	EN AW-AlMg2,5	3.3523	AlMg2,5
EN AW-5083	EN AW-AlMg4,5Mn0,7	3.3547	AlMg4,5Mn
EN AW-5086	EN AW-AlMg4	3.3545	AlMg4Mn
EN AW-5251	EN AW-AlMg2	3.3525	AlMg2Mn0,3
EN AW-5454	EN AW-AlMg3Mn	3.3537	AlMg2,7Mn
EN AW-5754	EN AW-AlMg3	3.3535	AlMg3
EN AW-8011A	EN AW-AlFeSi(A)	3.0915	AlFeSi
Aushärtbare Werkstoffe / Age hardening Alloys			
EN AW-6080	EN AW-AlMgSi	3.3206	AlMgSi0,5
EN AW-6061	EN AW-AlMg1SiCu	3.3214	AlMg1SiCu
EN AW-6082	EN AW-AlSi1MgMn	3.2315	AlMgSi1
EN AW-6101B	EN AW-E AlMgSi(B)	3.3207	E-AlMgSi0,5
EN AW-7075	EN AW-AlZn5,5MgCu	3.4365	AlZnMgCu1,5

Oberflächen: hochglanzgewalzt, walzblank, Mill-Finish, anodisiert, lackiert, texturiert, thermisch entfettet, gebeizt, gewalzte Platten beidseitig gefräst

Oberflächenschutz: Seidenpapierzwischenlagen, Tiefzieh (PVC)- und Schutz (PE)-Folien auf den jeweiligen Verwendungszweck abgestimmt.

Bearbeitung: Stanzen, Verformen, Prägen, Abkanten, Laserschneiden, Nibbeln, CNC-Bearbeiten

Kennzeichnung: Auf der Ober- oder Unterseite des Materials möglich. Schriftart, Schriftgröße und Position nach Wunsch.

Mengen: Vom Muster bis zur Serie

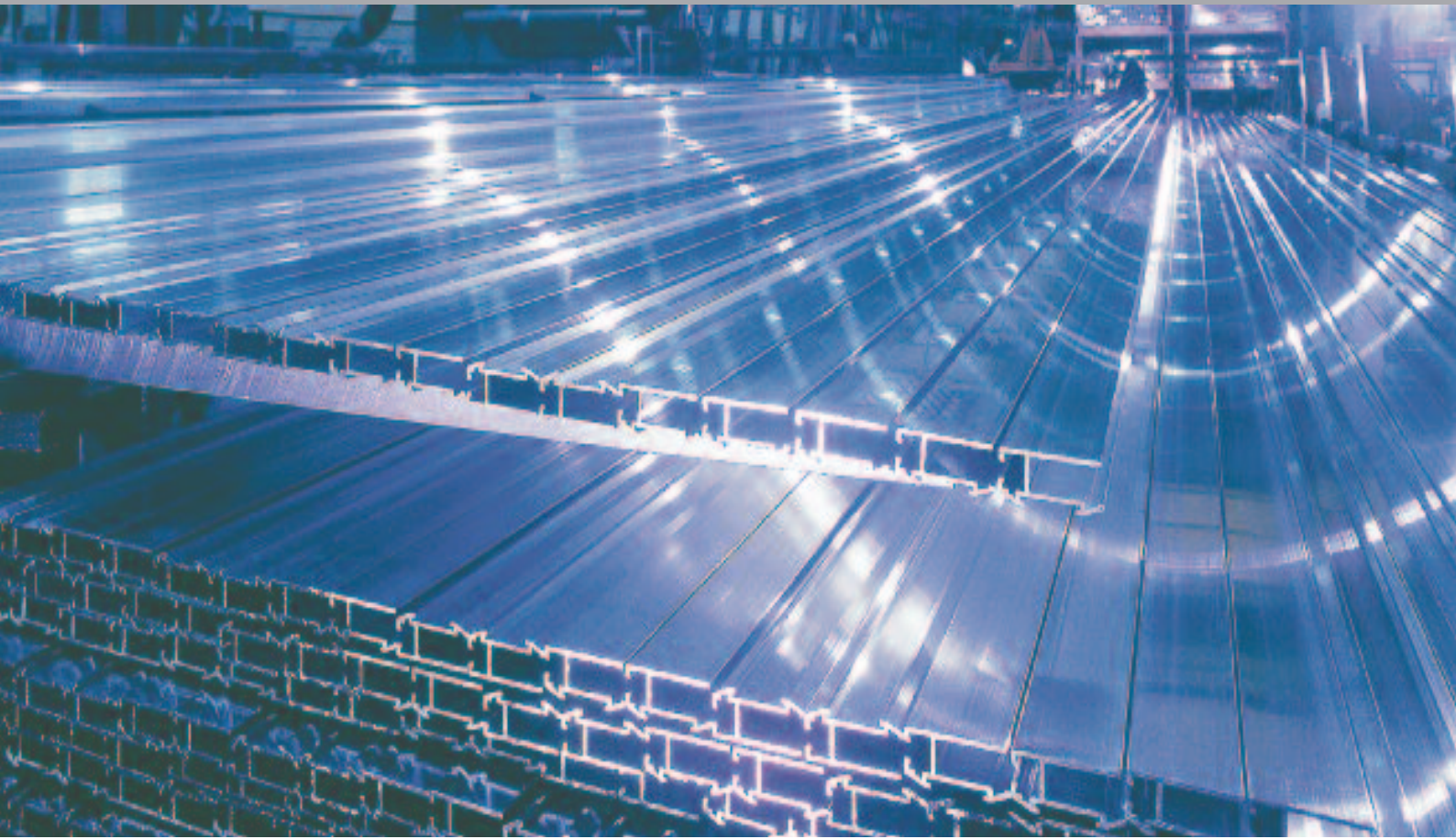
Surfaces: mirror-finish, bright-rolled, Mill finish, anodised, painted, controlled matt finish, thermally de-greased, pickled, rolled plates milled on both sides

Surface protection: Tissue-paper interleaves, deep-drawing and protective films adapted for intended purpose.

Machining: punching, embossing, edging, laser cutting, nibbling, CNC machining

Marking: On upper or lower side of material. Script, size and position as required.

Quantities: From samples to series



Lieferprogramm Presswerk Soest / Portfolio of extrusion plant Soest

**VOLLPROFILE - HOHLPROFILE - HALBHohlPROFILE
SOLID EXTRUSIONS - HOLLOW EXTRUSIONS - SEMI HOLLOW EXTRUSIONS**

Abmessungen
Dimension

Max. umschreibender Kreis <i>Max. circumscribing diameter</i>	Max. Gewicht <i>Max. weight</i>	Min. Gewicht <i>Min. weight</i>
420 mm	30 kg/m	0,150 kg/m

Oberflächen: Eloxal-Oberfläche, Pulverbeschichtung, Harteloxieren, Dekofurnier

Surfaces: Anodised, Powder-coating, Hard-anodizing, Decorative Veneering

Bearbeitung: Sägen, Entgraten, CNC-Bearbeitung, Großserienbearbeitung, MIG- und WIG-Schweißen, Kaltpressschweißen (KPS), Umformen, Montage

Machining: Sawing, Deburring, NC-Machining, Line production, MIG- and WIG-Welding, Cold Pressure Welding, Transformation techniques, Assembling

Kennzeichnung: U. a. mittels Laser, Tintenstrahl, Nadelmarkierer, Rollstempel. Schriftart, Schriftgröße und Position nach Wunsch.

Marking: e.g. with laser, ink-jet, pin-marking, roll stamping. Script, size and position as required.

Mengen: Vom Muster bis zur Serie für die Automobilindustrie.

Quantities: From prototypes up to line productions for automotive industries

Legierung nach EN 573 <i>Alloy according to EN 573</i>		DIN 1725	
Nummerisch <i>Numerical</i>	Chemische Symbole <i>Chemical symbols</i>	Nummerisch <i>Numerical</i>	Chemische Symbole <i>Chemical symbols</i>
Nicht aushärtbare Werkstoffe / Non age hardening alloys			
EN AW-1200A	EN AW-Al99,0(A)	-	-
EN AW-3103	EN AW-AlMn1	3.0515	AlMn1
Aushärtbare Werkstoffe / Age hardening alloys			
EN AW-2618A	EN AW-AlCu2Mg1,5Ni	3.1924(WL)	-
EN AW-6005A	EN AW-AlSiMg(A)	3.3210	AlMgSi0,7
EN AW-6012	EN AW-AlMgSiPb	3.0615	AlMgSiPb
EN AW-6060	EN AW-AlMgSi	3.3206	AlMgSi0,5
EN AW-6061	EN AW-AlMg1SiCu	3.3214	AlMg1SiCu
EN AW-6063	EN AW-AlMg0,7Si	-	-
EN AW-6082	EN AW-AlSi1MgMn	3.2315	AlMgSi1
EN AW-6101B	EN AW-E AlMgSi(B)	3.3207	E-AlMgSi0,5
EN AW-7020	EN AW-AlZn4,5Mg1	3.4335	AlZn4,5Mg1
EN AW-7108	EN AW-AlZn5Mg1Zr	-	-

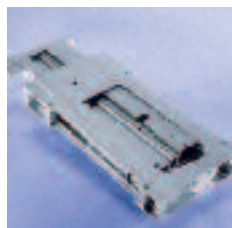
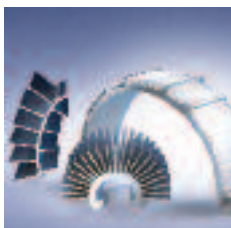
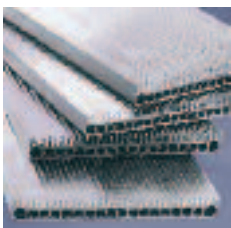
WL = Werkstoffleistungsblatt der Luftfahrt / *German aerospace standards*
 - = nicht aufgeführt / *not listed*

Sonderwerkstoffe z. B. für folgende Anwendungen auf Anfrage:

- Innenhochdruckumformung
- Karosseriestrukturen
- Schmiedeteile
- Temperaturbeanspruchung
- Verschleißbeanspruchung

Special alloys on demand e.g. for following applications:

- *Hydroforming*
- *Space frame structures*
- *Forgings*
- *Thermal stability*
- *Wear performance*





Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen / Zertifizierungen

BESCHEINIGUNGEN ÜBER WERKSTOFFPRÜFUNGEN

Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen werden in EN 10204 beschrieben. Danach gibt es:

- ▶ **Werksbescheinigung** - 2.1
- ▶ **Werkszeugnis** - 2.2
- ▶ **Abnahmeprüfzeugnis** - 3.1
- ▶ **Abnahmeprüfprotokoll** - 3.2

Alle Prüfzeugnisse werden vom beauftragten Werksachverständigen der Prüfabteilung unterschrieben. Die Norm beschreibt nicht, welche Prüfungen durchgeführt werden müssen. Diese Angabe ist vom Kunden zu machen. Nicht alle durchzuführenden Prüfungen müssen Werkstoffprüfungen im eigentlichen Sinne sein. Es können auch z. B. Maßprüfungen, Rauheitsmessungen oder Andornprüfungen mit den o. g. Bescheinigungen bestätigt werden. Alle bei uns zur Werkstoffprüfung eingesetzten Prüfmaschinen werden systematisch durch das zuständige Materialprüfungsamt oder die von hier beauftragte Stelle geprüft und zugelassen. Die Prüfmaschinen erfüllen die Anforderungen von EN 10002-2. Die mechanischen Werte werden nach EN 10002-1 und die Brinellhärte nach EN 10003-1 gemessen. Die Brinellhärte gilt nicht als Abnahmewert.

Werksbescheinigung 2.1

In Form eines Textes wird ohne aufgeführte Prüfergebnisse bestätigt, dass die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellung entspricht, z. B. dass die Profile, Bänder oder Bleche dem bestellten Werkstoff entsprechen.

Werkszeugnis 2.2

Mit diesem Zeugnis wird anhand von laufenden Betriebsaufschreibungen von Erzeugnissen der gleichen Herstellungsart und des gleichen Werkstoffes bestätigt, dass das Erzeugnis den Vereinbarungen bei der Bestellung entspricht. Es erfolgt keine Prüfung der Lieferung selbst.

Abnahmeprüfzeugnis 3.1

Grundlage dieser Bescheinigung ist, dass die Prüfeinheit aus der Lieferung entnommen wird. Es ist zu vereinbaren, welche Prüfeinheit und welche Kennwerte bestimmt werden sollen. Der Werksachverständige der Prüfstelle erstellt das 3.1 Zeugnis. Außer den Kosten für die Erstellung der Proben und Prüfungen fallen Kosten für den Sachverständigen selbst an.

Abnahmeprüfzeugnis 3.2

Hier liegt der gleiche Modus wie beim Abnahmeprüfzeugnis nach 3.1. vor, der vom Besteller beauftragte Sachverständige oder der in den amtlichen Vorschriften genannte Sachverständige unterschreibt auch die Prüfprotokolle. Angegebene Werkstoffeigenschaften wurden im Werkstück oder in Teilbereichen erreicht. Im Fall von Abweichungen wird darauf hingewiesen.

ZERTIFIZIERUNGEN

DIN EN ISO 9001, ISO/TS 16949, QS 9000,
DIN EN ISO 14001, OHSAS 18001



Material certificates / approvals

MATERIAL CERTIFICATES

Material test certificates are specified in EN 10204, namely:

- ▶ **Certificate of compliance with the order** - 2.1
- ▶ **Test report** - 2.2
- ▶ **Inspection certificate** - 3.1
- ▶ **Inspection certificate** - 3.2

All test certificates are signed by delegated experts in the inspection department. The standard does not specify which tests have to be carried out, such instructions have to emanate from the customer. It is not necessary that all tests should be actual material tests. For example, dimensional checks, surface roughness measurements or internal pressure tests can be confirmed with the above-mentioned certificates. All machines used by HONSEL for material testing are systematically checked and approved by the responsible materials testing authority or by the agency commissioned by HONSEL. The testing machines fulfil the requirements of EN 10002-2. The mechanical values are measured in accordance with EN 10002-1 and the Brinell hardness in accordance with EN 10003-1. The Brinell hardness is not applicable as an acceptance value.

Certificate of compliance with the order 2.1

This is produced in the form of a text but does not include test results. It confirms that the delivery corresponds with the terms agreed upon in the order, e.g. that the extrusions, coils or plates correspond with the ordered material.

Test report 2.2

By means of current operational records of products of the same type of manufacture and the same material this certificate confirms that the product corresponds with the terms agreed in the order. No tests are carried out on the parts making up the delivery.

Inspection certificate 3.1

This certificate confirms that the sample test piece has been taken from the parts being supplied. It is to be agreed as to which test piece and which characteristic values should be determined. The 3.1 certificate is provided by the expert in the inspection department. In addition to the costs for provision of the samples and the tests the customer has to also bear the costs for the expert himself.

Inspection certificate 3.2

The procedure here is the same as in 3.1. The expert commissioned by the customer or nominated in the official regulations also signs the inspection certificate.

APPROVALS

DIN EN ISO 9001, ISO/TS 16949, QS 9000,
DIN EN ISO 14001, OHSAS 18001

HONSEL 

A member of



HONSEL INTERNATIONAL TECHNOLOGIES

HONSEL AG
Walzwerk Meschede
Fritz-Honsel-Straße 30 · 59872 Meschede
Tel. +49 291 291 - 0 · Fax +49 291 291 - 228
info@honsel.com · www.honsel.com

HONSEL AG
Presswerk Soest
Niederbergheimer Straße 181 · 59494 Soest
Tel. +49 2921 978 - 0 · Fax +49 2921 978 - 119
info@honsel.com · www.honsel.com