

Luft- und Raumfahrt  
Wärmebehandlung von Aluminium-Knetlegierungen

**DIN**  
**29 850**

Aerospace; heat treatment of wrought aluminium alloys

Aéronautique et espace; traitement thermique des alliages d'aluminium corroyés

Ersatz für  
(Supersedes)

LN 29 850 T1/08.74

LN 29 850 T2/08.74

LN 29 850 T3/08.74

LN 29 850 T4/08.74

LN 29 850 T5/08.74

LN 29 850 Beiblatt/08.74

In case of dispute the German wording shall be valid.

Diese Norm ist anerkannt durch das Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung und das Luftfahrt-Bundesamt.

This Standard is approved by the Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung and the Luftfahrt-Bundesamt.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

Inhalt	Seite	Contents	Page
1 Anwendungsbereich und Zweck .....	2	1 Field of application and scope .....	2
2 Allgemeines .....	2	2 General .....	2
3 Begriffe .....	2	3 Definitions .....	2
3.1 Anlieferungszustand .....	2	3.1 As-received condition .....	2
3.2 Kaltverfestigung .....	2	3.2 Strain hardening .....	2
3.3 Wärmebehandlung .....	3	3.3 Heat treatment .....	3
4 Wärmebehandlungsanlagen .....	6	4 Heat-treating facilities .....	6
4.1 Wärmeübertragungsmittel .....	6	4.1 Heating media .....	6
4.2 Einrichtungen zum Messen, Regeln und Registrieren der Temperatur .....	6	4.2 Temperature-measuring, control and recording equipment .....	6
4.3 Abschreckenanlage .....	6	4.3 Quenching equipment .....	6
5 Durchführung der Wärmebehandlung .....	7	5 Heat-treating procedure .....	7
Tabelle 1. Dickenabhängige max. Aufheizdauer .	7	Table 1. Maximum heat-up time according to thickness .....	7
Tabelle 2. Dickenabhängige max. Abschreckver- zögerung .....	8	Table 2. Maximum quench delay according to thickness .....	8
Tabelle 3. Wiederholung des Lösungsglühens ...	8	Table 3. Re-solution heat treatment .....	8
Tabelle 4. Bedeutung der Zustandsbezeichnungen	9	Table 4. Definition of temper designations ...	10
Tabelle 5. Temperaturen und Zeiten für das Weichglühen (Richtwerte) .....	13	Table 5. Temperatures and times for full annealing (reference data) .....	13
Tabelle 6. Temperaturen und Zeiten für das Erholungsglühen (Richtwerte) .....	13	Table 6. Temperatures and times for partial annealing (reference data).....	13
Tabelle 7. Temperaturen für das Lösungsglühen und Abschrecken .....	14	Table 7. Temperatures for solution heat treat- ment and quenching .....	15
Bild 1. Erforderliche Haltezeit beim Lösungsglühen im Salzbad .....	16	Figure 1. Holding times required for solution heat treatment in salt bath .....	16
Bild 2. Erforderliche Haltezeit beim Lösungsglühen im Luftumwälzofen ...	17	Figure 2. Holding times required for solution heat treatment in air-chamber furnace	17
Tabelle 8. Temperaturen und Zeiten für das Warmauslagern .....	18	Table 8. Temperatures and times for artificial ageing .....	19
Zitierte Normen und andere Unterlagen .....	24	Quoted standards and further documents .....	24
Änderungen .....	24	Revision .....	24

Fortsetzung Seite 2 bis 24  
(Continued on pages 2 to 24)

Normenstelle Luftfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

645 11

## 1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm umfaßt die Wärmebehandlung von Aluminium-Knetlegierungen nach dem Werkstoff-Handbuch der Deutschen Luftfahrt Teil I, 2. Band, durch den Halbzeughersteller (Hersteller) und Luftfahrtgerätehersteller (Verbraucher bzw. Besteller). Sie gibt Hinweise für die notwendigen Einrichtungen und deren Überwachung. Die vorkommenden Begriffe für die Wärmebehandlungen werden erläutert.

Die in dieser Norm angegebenen Wärmebehandlungsdaten stellen im Regelfall die im betreffenden Werkstoff-Leistungsblatt des Werkstoff-Handbuches der Deutschen Luftfahrt, Teil I, 2. Band, vorgeschriebenen Eigenschaften sicher. In besonderen Fällen (z. B. beim Stufenwarmauslagern) kann eine Optimierung der Wärmebehandlungsbedingungen erforderlich sein.

Werden für Halbzeug vom Hersteller besondere Maßnahmen getroffen, die eine von dieser Norm abweichende Wärmebehandlung erforderlich machen, so sind diese zwischen Hersteller und Besteller zu vereinbaren und die geänderten Wärmebehandlungsdaten in dem Abnahmeprüfzeugnis anzugeben.

Mehrfache Wärmebehandlungen und Formungsvorgänge ändern die Werkstoffeigenschaften. In diesen Fällen ist das Einhalten der Forderungen des Werkstoff-Leistungsblattes durch den Verbraucher nachzuweisen.

## 2 Allgemeines

Die Wärmebehandlung für die einzelnen Legierungen ist in Temperaturhöhe und Haltedauer unterschiedlich. Während der Temperaturbereich beim Weichglühen für Umformungsvorgänge verhältnismäßig groß ist, müssen zum Erzielen optimaler Festigkeitseigenschaften engere Temperaturbereiche eingehalten werden. Um diese Forderungen erfüllen zu können, muß die Eignung der Anlagen zur Wärmebehandlung metallischer Bauteile bzw. Halbzeuge nachgewiesen werden.

Die früher verwendeten Zustandszahlen .0 bis .9 definieren den Werkstoffzustand nicht ausreichend. Für die durch Wärmebehandlung beim Hersteller bzw. Verbraucher erzielten Werkstoffzustände werden in Anlehnung an die Wärmebehandlungsbezeichnungen der Aluminum Association (AA) in USA Zahlenkombinationen mit vorgestellten Buchstaben verwendet. Dieses System wird für die "aushärtbaren" Aluminium-Knetlegierungen verwendet. Eine Gegenüberstellung und Beschreibung der neuen und alten Zustandszahlen ist in Tabelle 4, Seite 9 festgelegt.

## 3 Begriffe

### 3.1 Anlieferungszustand

Der Anlieferungszustand ist der Werkstoffzustand, in dem das Halbzeug oder die Bauteile an den Besteller/Weiterverarbeiter geliefert werden. Die Werkstoffkennzahl gibt den Werkstoff in seinem Wärmebehandlungszustand an.

### 3.2 Kaltverfestigung

Die Kaltverfestigung ist eine aus Umformungsvorgängen unterhalb der Rekristallisationstemperatur entstandene Steigerung der Festigkeitseigenschaften des Werkstoffes.

## 1 Field of application and scope

This Standard covers the heat treatment of wrought aluminium alloys included in the German Aviation Materials Manual, Part I, Volume 2, by the semi-finished product manufacturer (manufacturer) and aircraft manufacturer (user or customer). It provides information on the required equipment and its surveillance. The terms relating to thermal treatments employed are defined.

The heat-treatment data given in this Standard are sufficient in general to assure the properties required by the relevant material data sheet of the German Aviation Materials Manual, Part I, Volume 2. In specific cases (e.g. step ageing) it may be necessary to optimize the heat-treatment conditions.

If the semi-finished product manufacturer takes provisions requiring a thermal treatment deviating from this Standard, this shall be agreed upon between the manufacturer and the customer, and the modified heat-treatment data shall be stated in the acceptance test certificate.

Multiple heat-treating and forming operations alter the material properties. In such cases, conformance to the requirements of the material data sheet shall be determined by the user.

## 2 General

Heat treatment of the different alloys varies with respect to temperature and holding time. While the temperature range applicable to full annealing for forming operations is relatively large, tighter temperature ranges are required to develop optimum strength properties. To comply with these requirements, it is necessary to demonstrate suitability of the heat-treating facilities for metallic parts or semi-finished products.

The formerly used temper numerals .0 to .9 do not provide for sufficient temper identification of materials. The tempers achieved by heat treatment by the manufacturer or user are now designated by numerical combinations with prefix letters, based on the U.S. Aluminium Association (AA) temper designations. This system applies to "heat-treatable" wrought aluminium alloys. A cross-reference index and description of the new and former temper designations appear in table 4, page 10.

## 3 Definitions

### 3.1 As-received condition

The as-received condition is the material condition in which semi-finished products or parts are supplied to the customer/processor. The material identification number indicates the material and its temper.

### 3.2 Strain hardening

Strain hardening is an increase in strength properties of the material, resulting from working operations below the recrystallization temperature.

Die Festigkeitseigenschaften werden durch Walz-, Zieh-, Stauch-, Reck- oder Richtvorgänge gesteigert, die in der Regel nach dem Lösungsglühen und Abschrecken im kalten Zustand erforderlich werden, um die vorgeschriebene Geradheit oder Planheit zu erreichen.

Wenn der Verbraucher zum Erzielen günstiger Umformungseigenschaften am Halbzeug eine erneute Wärmebehandlung durchführt, muß er mit der Minderung der Festigkeitseigenschaften um den Betrag der durch Kaltverfestigung erzielten Steigerung rechnen.

Wenn für die Weiterverarbeitung besondere Eigenschaften erforderlich sind, muß vom Hersteller ein definiertes Stauchen oder Recken über die Stauch- bzw. Streckgrenze durchgeführt werden.

### 3.3 Wärmebehandlung

Die Wärmebehandlung ist ein Verfahren, bei dem der Werkstoff zum Erzielen bestimmter Eigenschaften einer thermischen Behandlung im Salzbad oder Luftumwälzofen unterzogen wird. Das Verfahren muß stets am ganzen Halbzeug oder Bauteil durchgeführt werden; eine teilweise Wärmebehandlung ist nicht zulässig.

Zur Weiterverarbeitung des Halbzeugs angewendete Verfahren, die mit örtlicher Wärmebeeinflussung verbunden sind, wie Schweißen, Warmwalzen und Durchsetzen, werden in dieser Norm nicht behandelt.

#### 3.3.1 Weichglühen

Die für das Weichglühen anzuwendenden Temperaturen und Zeiten sind in Tabelle 5, Seite 13, aufgeführt. Das Weichglühen bewirkt, daß eine durch Aushärten und/oder Kaltverfestigen erzielte Festigkeitssteigerung wieder rückgängig gemacht wird. Die beim Weichglühen eintretende Entfestigung wird meistens durch Rekristallisation des Werkstoffes hervorgerufen.

Die Abkühlungsgeschwindigkeit von der Weichglüh-temperatur ist ausschlaggebend zum Erzielen eines stabilen heterogenen Gefüges. Um daher bei einzelnen Werkstoffen die größtmögliche Weichheit zu erzielen, muß nach der Haltedauer auf Glüh-temperatur die vorgeschriebene Abkühlgeschwindigkeit eingehalten werden.

Bei vollständiger Ausscheidung der intermetallischen Verbindungen wird selbst nach längerem Lagern ein nachträglicher Wiederanstieg der Festigkeitseigenschaften nicht eintreten.

Der Werkstoffzustand nach dem Weichglühen wird mit "-0" bezeichnet (bisherige Bezeichnung siehe Tabelle 4, Seite 9).

#### 3.3.2 Erholungsglühen

Die für das Erholungsglühen anzuwendenden Temperaturen und Zeiten sind in Tabelle 6, Seite 13, aufgeführt. Das Erholungsglühen ist eine Wärmebehandlung unterhalb der Rekristallisationstemperatur und entfernt nur teilweise die Verfestigungen, so daß infolge verminderter Streckgrenze und angehobener Dehnung die Formbarkeit wieder verbessert werden kann. Das Ausgangsgefüge bleibt bei dieser Temperatur erhalten.

Das Erholungsglühen wird eingesetzt, wenn das Weichglühen zu Grobkornbildung führen kann oder für weitere Formungen nur ein teilentfestigter Werkstoff erforderlich ist.

Strength properties are increased by such processes as rolling, drawing, compressing, stretching or straightening which are required in general to be carried out cold after solution heat treatment and quenching in order to produce the specified straightness or flatness.

When reheat treating semi-finished products to achieve adequate forming properties, the user shall account for a reduction in strength properties by the amount corresponding to the increase obtained through strain hardening.

When particular properties are required for further processing, the manufacturer shall perform a controlled compression or stretching beyond the yield point.

### 3.3 Heat treatment

Heat treatment is a process in which the material is subjected to a thermal treatment in the salt bath or air-chamber furnace in order to confer certain properties. The process shall always be conducted on the whole of a semi-finished product or part; partial heat treatment is prohibited.

Methods used in further processing semi-finished products, involving heat effects in local areas, e.g. welding, hot rolling and offsetting, are not dealt with in this Standard.

#### 3.3.1 Full annealing

Temperatures and times applicable to full annealing are given in table 5, page 13. The effect of full annealing is to eliminate the strength increase produced by precipitation and/or strain hardening. This removal of hardening by full annealing is generally achieved by recrystallization of the material.

The rate of cooling from annealing temperature is decisive for obtaining a stable heterogeneous structure. To achieve maximum softening of the various materials, it is therefore essential after the time of holding at annealing temperature to adhere to the specified rate of cooling.

Upon complete precipitation of intermetallic compounds, subsequent re-increase in strength properties will not occur even on prolonged ageing.

The temper after full annealing is designated "-0" (for former designation, see table 4, page 10).

#### 3.3.2 Partial annealing

Temperatures and times applicable to partial annealing are given in table 6, page 13. Partial annealing is a thermal treatment below the recrystallization temperature and produces only a partial removal of hardening so as to improve formability by lowering the yield point and raising elongation. The initial structure will be retained at this temperature.

Partial annealing is applied when full annealing may result in grain coarsening or when further forming requires material to be only partially reduced in strength.