

Aluminium

Aluminium

Eigenschaften der wichtigsten handelsüblichen Werkstoffe

Caractéristiques des qualités les plus importantes

Für weitere Qualitäten und Werte konsultieren Sie uns bitte.

Pour autres qualités ou valeurs, veuillez svp nous consulter.

Vermerk: diese Werte sind aufgrund der uns vorliegenden Unterlagen der Produzenten oder Normen zusammengefasst, im Einzelfall übernehmen wir hierfür jedoch keine Garantie

Avis: Les valeurs mentionnés sont résumés sur la base des informations de producteurs et normes, mais sans garantie de notre part

EN-Werkstoffnummer EN-AW	Metallzustand / État du métal	Produkt / Produit B = Blech / tôle S = gepresst / extrudé	Zugfestigkeit / Résistance à la traction N/ mm ²	0.2% Dehngrenze / Limite d'élasticité N/ mm ²	Bruchdehnung / Allongement après rupture ≥ %	Brinellhärte / Dureté Brinell (HB)	elektr. Leitfähigkeit / Conductivité m/ Ohm mm ²	Wärmeleitfähigkeit / Conductivité thermique $\frac{W}{K \cdot m}$
1050 Al 99.5	H18	B	≥ 140	≥ 120	2	42	34 - 36	210 - 230
1070A Al 99.7	H112	S	min. 60	min. 20	min. 25	-	-	-
2014 Al Cu4SiMg	warmausgehärtet	S	430 - 460	350 - 400	6 - 8	120 - 125	-	-
2017A AlCu4MgSi	kaltausgehärtet	S	330 - 400	200 - 270	6 - 10	110	-	-
2024 AlCu4Mg1	kaltausgehärtet	S	400 - 470	260 - 310	6 - 10	105 - 120	-	-
3103 AlMn1	H14/24	B	140 - 180	120	2 - 5	45	-	-
3105 AlMn0.5Mg0.5	H14/24	B	150 - 200	130	2	48	-	-
5005 AlMg1	H14/24	B	145 - 185	≥ 110	2 - 8	47	29 - 31	185 - 200
5049 AlMg2Mn0.8	H14	B	240 - 280	190	3 - 5	72	-	-
5083 AlMg4.5Mn0.7	H111	B	255 - 350	105 - 125	12 - 14	69 - 75	15 - 17	105 - 120
5454 AlMg3Mn	H14/24	B	270 - 325	≥ 200	4	80	16 - 19	134
5454 AlMg3	H12/22	B	220 - 270	≥ 130	≥ 5	66	19 - 21	130 - 140
6005A AlSiMg(A)	T6 ausgehärtet	S	≥ 270	≥ 225	≥ 8	80	28 - 31	-
6012 AlMgSiPb	T6 ausgehärtet	S	≥ 310	≥ 260	≥ 8	80 - 95	24 - 28	-
6060 AlMgSi	T66 ausgehärtet	S	≥ 215	≥ 160	≥ 6	65 - 70	28 - 31	-
6063A AlMg0.7Si	T66 ausgehärtet	S	≥ 245	≥ 200	≥ 8	75	-	-
6082 AlSi1MgMn	T6/T651	S	275-310	240 - 260	6 - 9	84 - 94	24 - 28	150 - 170
7010 AlZn6MgCu	T651	B	570 - 590	500 - 520	6 - 8	165 - 170	17 - 20	115 - 135
7022 AlZn5Mg3Cu	T651	B	490 - 540	400 - 460	6 - 8	150 - 170	18 - 22	150 - 170
7075 AlZn5.5MgCu	T6	S	≥ 560	≥ 500	≥ 7	155	17 - 21	-

Aluminium

Unverbindliche Bearbeitungs-Empfehlungen für die wichtigsten Werkstoffe im Kurzüberblick

Für weitere Qualitäten und Werte konsultieren Sie uns bitte

Vermerk: diese Werte sind aufgrund der uns vorliegenden Unterlagen der Produzenten oder Normen zusammengefasst, im Einzelfall über nehmen wir hierfür jedoch keine Garantie

Aluminium

Recommandations pour l'usinabilité (sans garantie) pour les matières les plus importantes / aperçu

Pour autres matières ou valeurs, veuillez svp nous consulter

Avis: Les valeurs mentionnés sont résumés sur la base des informations de producteurs et normes, mais sans garantie de notre part

BLECHE UND PLATTEN

EN-Werkstoff-Nummer EN-AW		Formstabilität Stabilité de forme	Korrosionsverhalten Propriétés de corrosion	anodische Oxydation Oxydation anodique (techn.)	Schweissverhalten Propriétés de soudage		mechanische Bearbeitung Usinage mécanique
					TIG/MIG	Widerstand / résistance	
1050	Al 99.5	↘	↗	↘	↗	↗	↘
5005	AlMg1	→	↗	↗	↗	↗	→
5083	AlMg4.5Mn0.7	→	↗	↗	↗	→	→
5454	AlMg3Mn	→	↗	↗	↗	↗	↗
5754	AlMg3	→	↗	↗	↗	↗	↗
6082	AlSi1MgMn	→	↗	↗	↗	↗	↗
7010	AlZn6MgCu	→	→	↗	↘	→	↗

STRANGGEPRESSTE PROFILE UND ROHRE

EN-Werkstoff-Nummer EN-AW		Kaltbiegen Stabilité de forme	Warmbiegenverhalten Propriétés de corrosion	anodische Oxydation Oxydation anodique (deco)	Schweissverhalten (Schutzgas) Propriétés de soudage	Korrosionsbeständigkeit Dureté de corrosion
6005A	AlSiMg(A)	↘	↗	→	↗	↗
6012	AlMgSiPb	↘	↗	↗	↗	↗
6060	AlMgSi	↘	↗	↗	↗	↗
6082	AlSiMgMn	↘	↗	→	↗	↗
7075	AlZn5.5MgCu	↘	→	↘	↘	→

Die Verarbeitung von Aluminium und Aluminium-Legierungen

1. Wärmebehandlung

Bei einigen der gebräuchlichsten Aluminiumlegierungen wird eine wesentliche Verbesserung der mechanischen Gütewerte durch die Wärmebehandlung erzielt. Man unterscheidet

- aushärtbare Legierungen
- nichtaushärtbare Legierungen

Reinaluminium und alle Aluminium-Knetlegierungen können ihre mechanischen Eigenschaften durch Verfestigen als Folge einer Kaltumformung ändern. Dies geschieht z.B. bei einer Verarbeitung durch Treiben oder Tiefziehen. Man kann solche Kaltverfestigungen durch eine Glühbehandlung wieder beseitigen, auch mit dem Ziel, ein weiteres Umformen zu erleichtern.

Glühen (Weichglühen)

Durch Glühen erhält der Werkstoff den Zustand höchster Duktilität (= Dehnbarkeit). Glühen ist bei allen Aluminiumwerkstoffen anwendbar.

Lösungsglühen und Abschrecken

Bei Erwärmung auf eine legierungsabhängige Temperatur (Lösungs-Glühtemperatur) über eine gewisse Zeitspanne gehen bestimmte Legierungsbestandteile auch im festen Zustand in Lösung. Durch schnelles Abkühlen (Abschrecken) in geeigneten Medien (kaltes, lauwarmes oder kochendes Wasser, Mineralöl, Sprühnebel, Luftstrom) wird ein Ausscheiden dieser Bestandteile aus der festen Lösung zunächst verhindert.

Unmittelbar nach dem Abschrecken ist das Material im Zustand „frischabgeschreckt“, welcher abhängig von der Legierung mehrere Stunden anhalten kann.

Aushärten (Kaltaushärten)

Die Verformbarkeit des Materials im frisch abgeschreckten Zustand ist ähnlich derjenigen im weichgeglühten. Sie vermindert sich mehr oder weniger schnell, wenn der Werkstoff bei Raumtemperatur gelagert wird. Diesen Vorgang bezeichnet man als „aushärten“ (kaltaushärten).

Usinage de l'aluminium et des alliages d'aluminium

1. Traitement thermique

Certains des alliages d'aluminium les plus utilisés connaissent une amélioration notable de leurs qualités mécaniques lorsqu'ils sont traités à chaud. On distingue:

- les alliages trempants
- les alliages non trempants

Les propriétés mécaniques de l'aluminium pur et de tous les alliages d'aluminium peuvent être modifiées par un durcissement résultant d'une déformation à froid. Ce phénomène peut se produire lors d'un usinage par martelage ou par emboutissage. Il est possible de remédier à ce durcissement par une opération de recuit, ce qui facilite également la poursuite de la transformation du produit.

Le recuit (recuit d'adoucissement)

Le recuit donne au matériau un état hautement ductile (= étirable). Cette opération est applicable à tous les types d'aluminium.

Recuit de mise en solution et trempe

Lors du réchauffage à une température dépendant de l'alliage (recuit de mise en solution) pendant une durée donnée, certains éléments de l'alliage se retrouvent en solution à l'état solide. Un refroidissement rapide (trempe) dans un milieu adapté (eau froide, tiède ou chaude, huile minérale, brouillard, courant d'air) empêche ces particules de se dissocier de la solution solide.

Immédiatement après la trempe, le matériau se trouve dans un état „fraîchement trempé“ qui peut durer plusieurs heures en fonction de l'alliage.

Vieillissement (maturation)

Lorsqu'il est fraîchement trempé, le matériau est aussi déformable que lorsqu'il est recuit. Cette déformabilité diminue toutefois plus ou moins vite lorsque le matériau est stocké à température ambiante. Ce processus est désigné par le terme de „vieillissement“ (maturation).

Ursache dafür ist, dass die in der festen Lösung „eingefrorenen“ Gefügebestandteile eine übersättigte Lösung bilden. Beim Bestreben, aus der Lösung auszuscheiden, bleiben sie stecken und verspannen das Gefüge (= Kristallgitter). Diese „Gefügeverhärtung“ wirkt sich in einer merkbaren Erhöhung der Zugfestigkeit, der Streckgrenze (0.2 % Dehngrenze) und der Härte aus, die Bruchdehnung wird dadurch nur wenig verringert. Dieser Kaltaushärtungszustand wird – abhängig vom Legierungstyp – nach einigen Stunsen oder einigen Wochen stabil, d.h. der Kaltaushärtungsvorgang kommt zum Stillstand.

Warmauslagern (Warmmaushärten)

Warmauslagern ist eine Wärmebehandlung, durch die eine weitere „Gefügeverhärtung“ bei Legierungen ausgelöst wird.

Dadurch wird beim Kaltaushärten eine noch nicht optimale Festigkeitssteigerung erreicht. Dabei werden Zugfestigkeit, Streckgrenze und Härte weiter gesteigert, die Bruchdehnung der ausgehärteten Legierungen jedoch verringert.

2. Wärmebehandlung beim Verarbeiter

Weichglühen

Man versteht darunter, soweit es die nichtaushärtbaren Legierungen angeht, ausschliesslich das Erzielen des vollständig weichgeglühten Zustandes. Das sogenannte „Erholungsglühen“ mit teilweiser Entfestigung sollte nur im Halbzeugwerk ausgeführt werden, welches über die erforderlichen Einrichtungen verfügt.

Es ist immer anzustreben, ein feinkörniges Gefüge zu erhalten. Dafür sind folgende Regeln zu beachten:

- der Werkstoff darf nicht überhitzt werden
- das Aufheizen ist so schnell wie möglich durchzuführen
- die Erwärmungsdauer ist so gering wie möglich zu halten
- das gesamte Wärmebehandlungslos ist an allen Stellen auf die genau gleiche Temperatur zu erwärmen

Das Risiko einer Grobkornbildung ist umso grösser, je reiner das Metall und je geringer der Umformungsgrad (die Kaltverfestigung) vor dem Glühen ist.

Die Abkühlgeschwindigkeit spielt bei nichtaushärtbaren Legierungen keine Rolle. Bei aushärtbaren Legierungen soll sie 25 bis 30 Grad C pro Stunde betragen (= langsames Abkühlen)

La cause en est la présence de composants structurels „figés“ dans la solution solide pour former une solution sursaturée. En s'efforçant de s'extraire de la solution, ils restent coincés et déforment la structure (= réseau cristallin). Ce „durcissement structural“ se traduit par une nette augmentation de la résistance à la traction, de la limite d'élasticité (limite conventionnelle à 0,2%) et de la dureté, tandis que l'allongement à la rupture n'est que peu diminué. Cet état se stabilise au bout de quelques heures à quelques semaines selon le type d'alliage, c'est-à-dire que le processus de vieillissement s'arrête.

Revenu (vieillessement accéléré)

Le revenu est un traitement à chaud qui entraîne un durcissement structural supplémentaire des alliages.

Le vieillissement ne permet pas d'obtenir une augmentation de solidité optimale. Ce traitement améliore encore la résistance à la traction, la limite d'élasticité et la dureté mais diminue l'allongement à la traction des alliages revenus.

2. Traitement thermique chez le manufacturier

Recuit d'adoucissement

Ce processus, lorsqu'il concerne les alliages non trempants, désigne exclusivement l'obtention d'un état totalement recuit. Ce recuit dit „de restauration“ qui entraîne un adoucissement partiel ne devrait être appliqué que dans les usines de produits corroyés disposant des équipements nécessaires.

On doit toujours s'efforcer d'obtenir une structure la plus fine possible. Pour cela, les règles suivantes sont à respecter :

- ne pas surchauffer le matériau
- effectuer le réchauffage aussi rapidement que possible
- la durée de réchauffage doit être aussi courte que possible
- le produit à traiter doit être porté à la même température en tous points

Le risque de formation de gros grains est d'autant plus élevé que le métal est pur et que son taux de déformation (durcissement à froid) est faible avant le recuit.

La vitesse de refroidissement n'a aucun effet sur les alliages non trempants. Pour les alliages trempants, elle doit être de 25 à 30 degrés C par heure (= refroidissement lent).

Tiefziehen, Drücken, Biegen, Bördeln, Sicken, Kaltprägen:

- für Rein- und Reinstaluminium
- AlMn – und AlMg – Legierungen (der Werkstoff-Zustand hängt ab von Art und Umfang der Umformung)
- aushärtbare Legierungen im Zustand weich oder frisch abgeschreckt

b) Warmumformen

Strangpressen:

Rein- und Reinstaluminium, alle Knetlegierungen

Tiefziehen, Freiformschmieden, Gesenkschmieden:

Rein- und Reinstaluminium, alle Knetlegierungen

4. Handwerkliches Umformen

Die Werkzeuge und Umformeinrichtungen für Aluminium sind ähnlich wie bei der Verarbeitung anderer Metalle. Die Oberflächen der Werkzeuge müssen glatt und frei von Abrieb oder Rückständen von anderen Metallen sein. Aushärtbare Legierungen werden vorzugsweise im Zustand ‚frischabgeschreckt‘ umgeformt. Falls Warmumformen solcher Legierungen erfolgt, ist eine erneute Aushärtebehandlung erforderlich.

Biegen von Blechen und Bändern

Anzeichnen mit der Reissnadel ist zu unterlassen, da hierdurch Rissbildung beim Biegen verursacht werden kann. (Kerbwirkung) Ein mittelharter Bleistift ist besser geeignet.

Falls sich zwei Biegungen kreuzen, bohrt man vorher am Kreuzungspunkt ein Loch, um Rissbildung zu vermeiden.

Kaltbiegen

Ist möglich, wenn die Biegeradien ausreichend gross gehalten werden können.

Die Tabelle 1 auf der nachfolgenden Seite informiert über Richtwerte für die erzielbaren Radien beim Kaltbiegen mit 90 Grad Biegewinkel für Aluminiumbleche, abhängig vom Qualität, Werkstoffzustand und Blechdicke.

Nicht aufgeführte Werkstoffe, bzw. Werkstoffzustände sind nicht als Blech genormt oder für das Kaltbiegen nicht geeignet. Für den Zustand ‚warmgewalzt‘ sind die kleinsten erzielbaren Biegeradien 10 – 20 % grösser.

Emboutissage, repoussage, pliage, bordage, moulage, estampage à froid

- pour l'aluminium pur et extrapur
- alliages AlMn et AlMg (l'état du matériau dépend du type et de l'ampleur de la transformation)
- alliages trempants à l'état doux ou fraîchement trempé

b) transformation à chaud

Extrusion:

Aluminium pur et extrapur, tous les alliages corroyés

Emboutissage, forgeage libre, matriçage:

Aluminium pur et extrapur, tous les alliages corroyés

4. Transformations artisanales

Les outils des installations de transformation de l'aluminium sont les mêmes que pour la transformation des autres métaux. La surface des outils doit être lisse et exempte d'abrasion ou de restes d'autres métaux. Les alliages trempants sont transformés de préférence à l'état « fraîchement trempé ». En cas de transformation à chaud, ces alliages, un nouveau trempage est ensuite nécessaire.

Pliage de tôles et de bandes

Eviter d'effectuer des marques à la pointe à tracer, car cela peut provoquer des fissures lors du pliage (effet d'entaille). Un crayon à mine de dureté moyenne est plus adapté.

Si deux plis se croisent, percer un trou au préalable au point d'intersection pour éviter les fissures.

Pliage à froid

Ce procédé est utilisable si les rayons de pliage peuvent être suffisamment élevés.

La table 1 page suivante vous donne les valeurs indicatives des rayons qu'il est possible d'obtenir en pliage à froid avec un angle de 90 degrés pour les tôles d'aluminium en fonction de la qualité, de l'état du matériau et de l'épaisseur de la tôle.

Les matériaux ou états non indiqués dans le tableau ne sont pas normalisés sous forme de tôles ou inadaptés au pliage à froid. Pour l'état « laminé à chaud », les rayons de courbures minimaux réalisables sont 10 à 20% supérieurs.

Die Verarbeitung von Aluminium und Aluminium-Legierungen Blatt 4

Man kann dasselbe Teil ohne Schädigung des Werkstoffes mehrmals weichglühen, wenn die durchzuführende Umformung es erforderlich macht und einzelne legierungsspezifische Einschränkungen beachtet werden.

3. Umformen

Nachfolgend eine Uebersicht über die anwendbaren Umformverfahren:

a) Kaltumformen

Kaltfliesspressen:

- für Rein- und Reinstaluminium
- für Aluminium-Mangan-Legierungen (AlMn)
- für Aluminium-Magnesium-Legierungen (AlMg)

Hinweis: die angegebenen Biegeradien sind für die grösste Dicke des jeweiligen Dickenbereichs sicher erreichbar. Für die Zwischendicken liegen sie entsprechend niedriger. Kleinere Biegeradien sind möglich, sie können unter Verwendung der vorgesehenen Einrichtung im Versuch bestimmt werden.

Die Tabelle 2 auf der nachfolgenden Seite gibt Auskunft über Richtwerte für das Kaltbiegen um 180 Grad mit Radius Null. Diese sind bei günstigen Umformbedingungen für die angegebenen Werkstoffe und Werkstoffzustände erzielbar.

Usinage de l'aluminium et des alliages d'aluminium feuille 4

On peut recuire plusieurs fois le même matériau sans dommage si la transformation recherchée le nécessite et dans le respect des limites spécifiques à l'alliage utilisé.

3. Transformation

Ci-après un aperçu des procédés de transformation utilisables:

a) Transformation à froid

Extrusion à froid :

- pour l'aluminium pur et extra pur
- pour les alliages aluminium - manganèse (AlMn)
- pour les alliages aluminium - magnésium

Conseil: les rayons de courbure indiqués peuvent être atteints en toute sécurité pour l'épaisseur maximale de la plage indiquée. Pour les épaisseurs intermédiaires ces rayons sont réduits d'autant. Des rayons de courbures plus faibles sont possibles, ils peuvent être déterminés en faisant des essais sur les installations prévues.

La table 2 de la page suivante indique des valeurs indicatives pour le pliage à froid sur 180 degrés avec un rayon nul. Ces valeurs peuvent être obtenues dans des conditions de transformation favorables sur les matériaux et les états indiqués.

Tabelle 1:

Kleinste erzielbare Biegeradien beim Kaltbiegen (Richtwerte)

Tableau 1:

Rayons de pliage minimum en pliant à froid (valeurs d'orientation)

Werkstoff / Matière	Zustand / état	Blechedicke in / épaisseur en mm							
		0.4-0.6	0.6-1.2	1.2-2.0	2.0-3.5	3.5-5.0	5.0-7.0	7.0-10	10-15
Al 99.98 R	weich / doux	0.2	0.5	0.8	1.5	2.4	3.7	6.0	10
	1/2-hart / 1/2-dur	0.3	0.8	1.3	2.4	3.8	5.9	9.5	16
	hart / dur	1.0	2.4	3.8	7.2	11.5	18.0	29.0	48
Al99.8 Al99.7 Al99.5	weich / doux	0.2	0.5	0.8	1.5	2.4	3.7	6.0	10
	1/2-hart / 1/2-dur	0.4	0.9	1.4	2.7	4.3	6.7	11.0	18
	hart / dur	1.0	2.4	3.8	7.2	11.5	18.0	29.0	48
AlMn AlMn1Mg0.5 AlMg1	weich / doux	0.3	0.8	1.3	2.4	3.8	5.9	9.5	16
	1/2-hart / 1/2-dur	0.6	1.5	2.4	4.5	7.2	11.0	18.0	30
	hart / dur	1.6	4.0	6.4	12.0	19.2	29.6	48.0	80
AlMg3	weich / doux	0.6	0.8	1.3	2.4	3.8	5.9	9.5	16
	1/2-hart / 1/2-dur	1.0	2.5	4.0	7.5	12.0	18.5	30.0	50
	hart / dur	2.3	5.8	9.2	17.2	27.6	42.5	69.0	115
AlMg2Mn0.3	weich / doux	0.4	1.0	1.6	3.0	4.8	7.4	12.0	20
	1/2-hart / 1/2-dur	0.8	2.0	3.6	6.0	9.6	14.8	24.0	40
	hart / dur	2.0	5.0	8.0	15.0	24.0	37.0	60.0	100
AlMg2Mn0.8	weich / doux	0.6	1.6	2.6	4.8	7.7	11.8	19.2	32
	1/2-hart / 1/2-dur	1.3	3.4	5.4	10.1	16.1	24.8	40.2	67
	hart / dur	2.5	6.4	10.3	19.1	30.5	47.0	76.2	127
AlMg4.5Mn	weich / doux	0.6	2.1	3.3	6.2	9.8	15.2	24.6	41
	verfestigt	1.5	3.7	5.8	11.0	17.5	27.0	43.8	73
AlMgSi0.8 AlMgSi1	weich / doux	0.3	0.7	1.0	2.0	3.1	4.8	7.8	13
	kaltausgehärtet	1.0	2.5	4.0	7.5	12.0	18.5	30.0	50
AlCuMg1	weich / doux	0.7	1.7	2.7	5.1	8.2	12.6	20.4	34
	kaltausgehärtet	1.3	3.4	5.4	10.1	16.1	24.8	40.2	67
AlZn4.5Mg1	weich / doux	0.5	1.3	2.0	3.8	6.0	9.3	15.0	25
AlZnMgCu0.5	weich / doux	1.0	2.5	4.0	7.5	12.0	18.5	30.0	50
AlZnMgCu1.5	weich / doux	1.4	3.5	5.6	10.5	16.8	25.9	42.0	70

Tabelle 2:

Kaltbiegen 180 Grad mit Radius Null

Tableau 2:

Pliage froid avec rayon zéro

Werkstoff / Matière	Zustand / État	Grösste Blechedicke / épaisseur maxi
Al99.5	geglüht 1/2-hart / recuit demi-dur	6.0 mm
	geglüht 3/4-hart / 3/4-dur	0.4 mm
AlMn	geglüht 1/2-hart / recuit demi-dur	6.0 mm
	geglüht 3/4-hart / 3/4-dur	3.0 mm
AlMg3	weich / doux	3.0 mm
	1/4-hart / 1/4-dur	0.8 mm
	1/2-hart / demi-dur	0.4 mm
AlMgSi1 AlCuMg1	weich / doux	1.6 mm
	weich / doux	0.8 mm

Warmbiegen

Ist mit wesentlich kleineren Radien möglich. Wenn da-bei 200 Grad C (max. 5 Minuten) nicht überschritten werden, bleiben die Eigenschaften der aushärtbaren Legierungen unverändert.

Erwärmt man auf Temperaturen um 400 Grad C, ist die Umformbarkeit zwar am besten, die Aushärtebehandlung muss jedoch danach wiederholt werden. Eine Ausnahme davon bilden die AlZnMg-Legierungen, die nach Erwärmung auf 350 – 400 Grad °C selbsttätig wieder aushärten.

Das Erwärmen der Werkstücke zum Biegen erfolgt zweckmässig im Salzbadofen oder Elektroofen, gelegentlich auch mit Gasbrenner oder Lötlampe. In einigen Fällen erwärmt man auch mit elektrischem Widerstand genau an der Biegestelle.

Die Temperaturkontrolle erfolgt mit Stechpyrometer (Spitzen-thermoelement) oder Bimetallthermometer, sie ist erforderlich, da Aluminium keine Glühfarben zeigt.

Biegen von Profilen und Rohren

Profilbiegen wird mit den in der Metallverarbeitung üblichen Werkzeugen und Einrichtungen ausgeführt:

Kaltbiegen (für dünnwandige Profile und grosse Biegeradien) erfolgt auf Dreirollen-Profilbiegemaschinen. Der kleinste Biegeradius beträgt das 8 – 10-fache der Profilhöhe in der Biegeebene. Kaltbiegen erfolgt im weichen Zustand oder - bei aushärtbaren Legierungen - unmittelbar nach dem Abschrecken.

Warmbiegen (bei 380 bis 425 Grad C) ermöglicht Biegeradien von 2 – 3-facher Profilhöhe. Bei aushärtbaren Legierungen ist danach erneute Aushärtebehandlung erforderlich, um die Ausgangsfestigkeit wiederzugewinnen.

Rohrbiegen wird abhängig von Durchmesser und Wanddicke der Rohre und vom geforderten Biegeradius kalt oder warm ausgeführt. Es erfolgt entweder von Hand oder maschinell mit oder ohne Aussteifung der Rohre. Warmbiegen bei ca. 400 Grad C ermöglicht wesentlich kleinere Biegeradien als Kaltbiegen. Aushärtbare Legierungen müssen erneut einer Aushärtebehandlung unterzogen werden, wenn die Ausgangsfestigkeiten gefordert werden. Um zu schnelles Abkühlen und Querschnitt-Deformation der Rohre zu vermeiden, wird eine dichte Füllung mit absolut trockenem Quarzsand empfohlen, die durch Holzstopfen gegen „Herausrieseln“ gedichtet wird.

Pliage à chaud

Ce procédé permet des rayons nettement plus réduits. Lorsque la température ne dépasse pas 200 degrés C (max. 5 minutes), les caractéristiques des alliages trempants sont conservées.

Autour de 400 degrés C, la déformabilité est maximale, mais le traitement de trempe doit être renouvelé. Les alliages AlZnMg constituent à ce sujet une exception, car ils se trempent automatiquement après un réchauffage à 350 - 400 °C.

Le réchauffage des pièces à plier s'effectue dans des fours à bain de sel ou des fours électriques, parfois aussi au chalumeau à gaz ou à la lampe à souder. Dans certains cas, on peut réchauffer le point de pliage à l'aide d'une résistance électrique.

Le contrôle de température s'effectue à l'aide d'un pyromètre à pique (pointe thermométrique) ou d'un thermomètre bimétallique. Il est indispensable car l'aluminium ne change pas de couleur à l'incandescence.

Pliage de profilés et de tubes

Le pliage de profilés peut s'effectuer avec les outils et installations habituels de la métallurgie.

Pliage à froid (profilés à parois minces et larges rayons de courbure): l'opération s'effectue sur des cintreuses à trois cylindres. Le rayon de courbure minimal est égal à 8 à 10 fois la hauteur du profilé dans le plan de pliage. Les matériaux à plier doivent être adoucis ou – pour les alliages trempants – fraîchement trempés.

Pliage à chaud (température de 380 à 425°C): il permet des rayons de courbure égaux à 2 à 3 fois la hauteur du profilé. Pour les alliages trempants, la trempe doit être renouvelée par la suite pour retrouver la solidité de départ.

Le pliage de tubes s'effectue à chaud ou à froid en fonction du diamètre et de l'épaisseur des tubes ainsi que du rayon de courbure souhaité. L'opération est manuelle ou mécanique, avec ou sans renforcement des tubes. Le pliage à chaud à environ 400°C permet des rayons de courbures nettement plus réduits que le pliage à froid. Les alliages trempants doivent être soumis à une nouvelle trempe pour retrouver la solidité de départ. Pour éviter un refroidissement trop rapide et une déformation transversale, il est recommandé de remplir totalement les tubes de sable siliceux absolument sec en plaçant des bouchons de bois aux extrémités pour l'empêcher de s'écouler.

Tabelle 3:

Kleinste Kaltbiege-Radien für Rohre bis 60 mm Durchmesser, abhängig vom Verhältnis D/s

D = Aussendurchmesser

s = Wandstärke

Tableau 3:

Les plus petits rayons pour le pliage froid de tubes jusqu'au diamètre 60 mm, dépendant de la relation D/s

D = diamètre extérieure

s = épaisseur

Werkstoff	Verhältnis D / s			Relation D / S		
	5	10	15	20	25	30
Al99.5 1/2-hart / demi-dur	1 - 1.5 D	1.5 - 2.5 D	3 - 4 D	4 - 5 D	4.5 - 5.5 D	6 - 8 D
AlMg3 1/2-hart / demi-dur					5 - 6 D	7 - 8 D
AlMg4.5Mn gepresst / pressé	1.5 - 2 D	2.5 - 3D	3.5 - 4.5D	4.5 - 5.5 D	6 - 7D	9 - 11D
AlMgSi1 und AlZn4.5Mg1 wärmebehandelt / traité à chaud	2 - 2.5 D	3 - 4 D	4 - 5 D	6 - 7 D	8 - 10 D	12 - 15 D

Tabelle 4:

Kleinste Warmbiege-Radien für Rohre mit Sandfüllung

Tableau 4:

Les plus petits rayons pour le pliage chaud de tubes remplis avec de la sable

Werkstoff	Verhältnis D / s			Relation D / S		
	8	10	15	20	25	30
Al99.5	1 D	1 D	2 D	2.5 D	3 D	4 - 6 D
AlMgSi0.5 AlMgSi0.8	1 D	1 D	2.5 D	2.5 D	3 D	4 - 6 D
AlZn4.5Mg1 AlMgSi1	1 D	1 D	2.5 D	3 D	3.5 D	4 - 7 D
AlMg3 AlCuMg1	1 D	1.5 D	2.5 D	3 D	4 D	5 - 7 D
AlMg4.5Mn	1 D	1.5 D	2.5 D	3.5 D	4.5 D	5 - 8 D

Die Verarbeitung von Aluminium und Aluminium-Legierungen Blatt 8

Die kleinsten erzielbaren Biegeradien für Rohre im Kalt- und Warmbiegeverfahren sind den Tabellen 3 und 4 auf der folgenden Seite zu entnehmen.

Zum Biegen von 90 Grad-Bogen im Kaltbiegeverfahren ist ein Ueberbiegen auf etwa 95 Grad erforderlich, um die Rückfederung zu berücksichtigen.

4. Sägen

Sägen von Hand erfolgt unter Verwendung von Sägeblättern, die höchstens 6 Zähne je cm Blattlänge haben. Sägen mit der Bandsäge erfolgt mit Sägeblättern für die Holz- und Metallbearbeitung. Die Zahnteilung sollte an die Werkstückdicke (4 – 10 mm) angepasst sein.

Sägebänder müssen gut geführt sein, das Kühlschmieren erfolgt mit Talg. Die Schnittgeschwindigkeit soll zwischen 800 und 1500 m/min. betragen, je nach zu trennendem Werkstoff. Die höheren Schnittgeschwindigkeiten sind zu wählen beim Sägen von Reinaluminium, AlMn- und AlMg-Legierungen.

Sägen mit der Kreissäge erfolgt mit Sägeblättern aus Schnellarbeitsstahl mit wechselseitig schneidenden Zähnen.

Sägen von Blechen ebenso mit Zahnteilung abhängig von der Blechdicke, z.B. bis 1.0 mm Zahnteilung 5-6 mm, für über 1.0-3.0 mm Zahnteilung 8–10 mm, Vorschub von Hand, ziemlich schnell.

Sägen von Stangen mit Zahnteilung abhängig vom Stangendurchmesser, z.B. Durchmesser 80 mm mit Zahnteilung 12 mm, Stangendurchmesser 200 mm mit Zahnteilung 19 mm.

Sägen von Stangen mit grossem Querschnitt unter Verwendung von Sägeblättern, die mit Zahnsegmenten aus Schnellarbeitsstahl bestückt sind. Segmentteilung für Stangen von 100 – 150 mm Durchmesser 50 – 60 mm, und für Stangen über 200 mm Durchmesser 80 – 100 mm. Empfohlene Schnittgeschwindigkeiten zwischen 400 und 800 m / min, je nach Werkstoff. Als Kühlschmiermittel kann Schneid-öl oder Öl-Wasser-Emulsion verwendet werden.

Sägen von Rohren und Profilen mit Zahnteilung 4-6 mm, Vorschub von Hand, ziemlich schnell.

Usinage de l'aluminium et des alliages d'aluminium feuille 8

Les rayons de courbures minimaux possibles pour les tubes en pliage à froid ou à chaud sont indiqués dans les tableaux 3 et 4 de la page suivante.

Pour obtenir un angle de 90° à froid, il est nécessaire d'effectuer un pliage à 95° pour tenir compte de l'effet de détente.

4. Sciage

Le **sciage à la main** nécessite l'utilisation de lames de scie comportant au maximum 6 dents au cm. Le sciage à la scie à ruban s'effectue avec des lames à bois et à métal. La denture doit être adaptée à l'épaisseur du matériau (4 à 10 mm).

Les **scies à ruban** doivent être soigneusement guidées et lubrifiées au suif. La vitesse de coupe doit se situer entre 800 et 1500 m/min en fonction du matériau à couper. Choisir des vitesses de coupe supérieures pour scier l'aluminium pur et les alliages AlMn et AlMg.

Le **sciage à la scie circulaire** utilise des lames en acier rapide à denture alternée.

Le **sciage des tôles** s'effectue avec des dentures adaptées à l'épaisseur, par exemple 5-6 mm jusqu'à 1,0 mm d'épaisseur, 8 à 10 mm pour une épaisseur comprise entre 1,0 et 3,0 mm, avance manuelle assez rapide.

Le sciage des barres nécessite lui aussi une denture adaptée au diamètre des barres, par exemple 12 mm pour un diamètre de 80 mm, 19 mm pour un diamètre de 200 mm.

Le **sciage des barres de forte section** nécessite l'utilisation de lames équipées de segments en acier rapide. Utiliser des segments de 50 - 60 mm pour les barres de 100 à 150 mm de diamètre et des segments de 80 – 100 mm pour les barres de plus de 200 mm de diamètre. On recommande des vitesses de coupe de 400 à 800 m / min selon les matériaux. On peut utiliser comme lubrifiant de l'huile de coupe ou une émulsion huile-eau.

Effectuer le **sciage des tubes et profilés** avec une denture de 4-6 mm, avance manuelle assez rapide.

5. Bearbeitung auf Drehautomaten

Maschinen für die Bearbeitung von Messing sind im allgemeinen auch für die Aluminiumverarbeitung verwendbar. Schnittgeschwindigkeiten und Vorschube sind etwa die gleichen. Man sollte bei der Bearbeitung von Aluminium jedoch die Schnittgeschwindigkeiten im Rahmen des möglichen erhöhen (die Schnittkräfte sind etwa gleich gross wie bei Messing). Es sollen soweit möglich hartmetallbestückte Werkzeuge verwendet werden.

Die für die Bearbeitung auf Drehautomaten entwickelten Aluminiumlegierungen sind:

AlMgSiPb	mit Bleizusatz
AlCuMgPb	mit Bleizusatz
AlCuBiPb	mit Blei- und Wismutzusatz

Schnittwinkel

Drehmeissel für die Bearbeitung von Messing sind für die Bearbeitung von Aluminium-Automatenlegierungen sehr gut brauchbar. Der Freiwinkel beträgt 5 – 10 Grad. Für die anderen Legierungen ohne spanbrechende Zusätze verwendet man Werkzeuge mit Spanwinkeln von 20 – 25 Grad mit Spanleitstufen.

Schnittgeschwindigkeit

Die Bearbeitung aller Aluminiumlegierungen erfolgt mit Schnittgeschwindigkeiten zwischen 400 und 500 m/min. Die dazu erforderlichen Drehzahlen werden von Drehautomaten jedoch kaum erreicht. Man erzielt gute Ergebnisse bei Schnittgeschwindigkeiten im Bereich von 100 – 150 m/min.

Vorschub

Vorschübe von 0.08 bis 0.15 mm je Umdrehung bringen gute Ergebnisse. Nie weniger als 0.08 mm Vorschub einstellen, da bei sehr kleinen Vorschüben schnell Schneidverschleiss eintritt.

6. Bohren

Verwendet werden Spiralbohrer aus Schnellarbeitsstahl oder hartmetallbestückte Bohrwerkzeuge. Reinaluminium, AlMn- und AlMg-Legierungen werden mit Spiralbohrern bearbeitet. Das Bohren von Werkstücken aus AlMg3 und AlMg4.5Mn kann bei Tieflochbohrung auch mit Kanonenbohrern erfolgen. Das Bohren von AlCuMg- und AlZnMgCu-Legierungen kann mit allen Bohrerarten ausgeführt werden.

5. Usinage sur décolleteuse

Les machines d'usinage du laiton sont généralement utilisables pour l'usinage de l'aluminium. Les vitesses de coupe et d'avance sont similaires. Toutefois, pour l'aluminium il faut augmenter les vitesses de coupe dans les limites du possible (la force de coupe est similaire à celle nécessaire pour le laiton). Utiliser si possible des outils à plaquettes au carbure.

Les alliages d'aluminium développés pour l'usinage sur décolleteuse sont :

AlMgSiPb	ajout de plomb
AlCuMgPb	ajout de plomb
AlCuBiPb	ajout de plomb et de bismuth

Angle de coupe

Les outils de tournage du laiton sont parfaitement utilisables sur les alliages d'aluminium de décolletage. La dépouille orthogonale est de 5 à 10 degrés. Pour les autres alliages sans compléments brise-copeaux, on utilise des outils à brise-copeaux avec des angles de dégagement de 20 à 25 degrés.

Vitesse de coupe

L'usinage de tous les alliages d'aluminium s'effectue à des vitesses de 400 à 500 m/min. Toutefois, les décolleteuses atteignent rarement les vitesses de rotation nécessaires. On obtient de bons résultats à des vitesses de coupes de 100 – 150 m/min.

Avance

Une avance de 0,08 à 0,15 mm par tour donne de bons résultats. Ne pas régler l'avance sur moins de 0,08 mm, car une avance trop réduite peut générer une usure rapide.

6. Perçage

On utilise des forets hélicoïdaux en acier rapide ou des outils de perçage au carbure. L'aluminium pur et les alliages AlMn et AlMg sont percés aux forets hélicoïdaux. Le perçage d'objets en AlMg3 et AlMg4.5Mn peut s'effectuer au foret à canon pour les perçages profonds. En ce qui concerne les alliages AlCuMg et AlZnMgCu, tous les types de forets peuvent être utilisés.

Die Verarbeitung von Aluminium und Aluminium-Legierungen Blatt 10

Spitzenwinkel von Spiralbohrern: 130 – 140 Grad, abhängig von der Werkstückstärke. Drallwinkel 42 Grad.

Schnittgeschwindigkeit V:

Bohrerdurchmesser	2 – 5 mm	V = 150-180 m/min.
	5 – 15 mm	V = 100-150 m/min
	über 15 mm	V = 80 m/min.

Vorschub a je Bohrerumdrehung (mm/U):

Bohrerdurchmesser	2 – 4 mm	a = 0.05-0.08 mm/U
	4 – 8 mm	a = 0.06-0.15 mm/U
	8 – 12 mm	a = 0.10-0.20 mm/U

Für Bohrer über 8 mm Durchmesser kann der empfohlene Vorschub a in mm pro Umdrehung nach der Formel $a = 0.08 \cdot d$ ermittelt werden.

Kühlschmiermittel:

Öl-Wasser-Emulsion ist zu empfehlen.

7. Gewindeherstellung

Aussengewinde

Alle in der Metallverarbeitung gebräuchlichen Werkzeuge sind anwendbar:

Gewindedrehmeissel (vorzugsweise mit geneigtem Anschliff)

Gewindeschneideisen (Schneideisen, Kluppen, selbstöffnende Schneidköpfe), Gewindefräser und Gewinderollköpfe

Aussengewinde auf Aluminium neigen zum „Fressen“. Schrauben aus Aluminium-Legierungen können zur Verbesserung der Oberflächenhärte anodisiert werden.

Innengewinde

Verwendet werden Gewindebohrer mit geschliffenem Gewinde. Gewindestollen niemals hinterschleifen, damit beim Zurückdrehen keine Späne eingeklemmt werden. Sehr grosse polierte Spannnuten erleichtern die Späneabfuhr (abhängig vom Durchmesser nur 2 – 3 Spannnuten). Der Durchmesser des Schaftes sollte kleiner als der Innendurchmesser des Gewindes gehalten werden (bei Bedarf kann die Schraube oder die Gewindemutter anodisiert werden).

Usinage de l'aluminium et des alliages d'aluminium feuille 10

Angle de pointe des forets hélicoïdaux : 130 – 140 degrés, en fonction de la densité de l'objet à percer. Inclinaison des rainures 42 degrés.

Vitesse de coupe V :

Diamètre de foret	2 – 5 mm	V = 150 – 180 m/min
	5 – 15 mm	V = 100 – 150 m/min
	plus de 15 mm	V = 80 m/min.

Avance a par tour de foret (mm/t) :

Diamètre de foret	2 – 4 mm	a = 0,05-0,08 mm/t
	4 – 8 mm	a = 0,06-0,15 mm/t
	8 – 12 mm	a = 0,10-0,20 mm/t

Pour les forets de plus de 8 mm de diamètre, l'avance recommandée a en mm par tour peut être calculée d'après la formule $a = 0,08 \cdot d$.

Lubrifiant :

On recommande une émulsion huile-eau.

7. Taraudage

Filetage extérieur

Tous les outils habituels de la métallurgie sont utilisables.

Outils de tournage à fileter (de préférence à coupe inclinée)

Filières de tous types (filières, cages à filières à ouverture automatique)

Fraises à fileter

Têtes à rouler les filets

Les filetages extérieurs dans l'aluminium tendent à se corroder. Pour améliorer la dureté de surface, les vis en alliages d'aluminium peuvent être anodisées.

Filetages intérieurs

On utilise des tarauds à filetage biseauté. Ne jamais dépouiller les cannelures pour éviter de coincer des copeaux lors du retrait. De larges goujures polies facilitent l'évacuation des copeaux (en fonction du diamètre, seulement 2 – 3 goujures). Le diamètre de la queue du taraud doit être inférieur au diamètre intérieur du filetage (si nécessaire, la vis ou l'écrou fileté peut être anodisé).

Die Verarbeitung von Aluminium und Aluminium-Legierungen Blatt 11

Die **Schnittgeschwindigkeit** beim Gewindeschneiden beträgt 10 – 50 m/min. Das **Kühlschmiermittel** spielt eine wichtige Rolle, verwendet wird Schneidöl.

Gewindefurchen (Gewindedrücken)

Es ist bei Reinaluminium und Aluminiumlegierungen gut anwendbar. Vorteil: keine Späne. Die Werkzeuge sind nicht durch Spannnuten geschwächt und verschleissen nicht so schnell. Die durch das Kaltverformen bewirkte Verfestigung erhöht die Festigkeit im Bereich der Gewinde.

8. Fräsen

Verwendet werden Fräser aus Schnellarbeitsstahl oder hartmetallbestückte Fräswerkzeuge.

Schnittgeschwindigkeiten

Für Stirnfräsen mittels Fräser aus Schnellarbeitsstahl 600 – 800 m/min.

Für Umfangfräsen mittels hartmetallbestücktem Fräswerkzeug 800 – 1500 m/min, für Fräser aus Schnellarbeitsstahl 400 – 600 m/min.

Schnitttiefe

Das Schruppen sollte in jenem einzigen Durchgang so erfolgen, dass für das Schlichten noch eine Schnitttiefe von 0,5 – 0,7 mm verbleibt.

9. Schweissen

Aluminium und Aluminiumlegierungen können nach konventionellen Verfahren geschweisst werden. Es eignen sich jedoch nicht alle Verfahren für alle Legierungen.

AlCuMg1, AlZnMgCu0.5, AlZnMgCo1.5 und die Automatenlegierungen sind aus metallurgischen Gründen nicht sicher schmelzschweisbar (Überhitzungsgefahr, Warmrissigkeit)

Für die nichtaushärtbaren Legierungen liegen die Festigkeiten der Schweissverbindungen im Bereich des Zustandes „weich“. Bei Reinaluminium und AlMn kann man durch sachgemäss ausgeführtes Abhämmern eine Kaltverfestigung bewirken.

Usinage de l'aluminium et des alliages d'aluminium feuille 11

La **vitesse de coupe** lors du taraudage s'élève à 10 – 50 m/min. Le **lubrifiant** joue un rôle important, on utilise de l'huile de coupe.

Rainurage (filetage à la molette)

Cette opération se pratique aisément sur l'aluminium pur et les alliages d'aluminium. Avantage : l'absence de copeaux. Les outils ne sont pas affaiblis par les goujures et ne s'usent pas aussi vite. Le durcissement provoqué par le travail à froid augmente la solidité dans la zone du filetage.

8. Fraisage

On utilise des fraises en acier rapide ou des outils au carbure.

Vitesses de coupe

Pour le fraisage de surface avec des fraises en acier rapide, 600 - 800 m/min.

Pour le détournage au moyen de fraises au carbure, 800 – 1500 m/min, au moyen de fraises en acier rapide 400 - 600 m/min.

Profondeur de coupe

Effectuer le dégrossissage en un seul passage, pour que la profondeur de coupe restante pour le finissage soit de 0,5 - 0,7 mm.

9. Soudage

L'aluminium et les alliages d'aluminium peuvent être soudés au moyen des techniques conventionnelles. Cependant, tous les procédés ne conviennent pas à tous les alliages.

Pour des raisons métallurgiques, les alliages AlCuMg1, AlZnMgCu0.5, AlZnMgCo1.5 et les alliages de décolletage ne peuvent pas être soudés par fusion (risque de surchauffe, fissuration à la chaleur).

Pour les alliages non trempants, la solidité des soudures se situe dans la zone d'état « tendre ». Pour l'aluminium pur et l'alliage AlMn, il est possible d'obtenir un durcissement à froid par un martelage correct.

Bei aushärtbaren Legierungen ist es angebracht, die Teile im Zustand ‚weich‘ zu verarbeiten und zu schweißen, und die Aushärtebehandlung am geschweissten Teil vorzunehmen. Eine Ausnahme bilden die selbsttätig aushärtenden Legierungen (Typ AlZnMg)

Der Festigkeitsverlust beim Schweißen ist umso geringer, je schneller geschweisst wird. Man kann oft eine Festigkeitsverringerung in Kauf nehmen, wenn sie durch die Nahtüberhöhung (größerer Querschnitt) oder durch örtliche Kaltverfestigung (Abhämmern) ausgeglichen wird.

10. Kleben

Kleben ist ein interessantes Verfahren für die Serienfertigung. Die Kombination von Kleben und Nieten erlaubt eine Verringerung der Nietenanzahl und damit eine Gewichtseinsparung bei gleichzeitig erhöhter Verbindungs-Festigkeit und Steifigkeit (z.B. Flugzeugbau).

Vorteile des Verfahrens

Die erforderliche Handfertigkeit ist schnell erreicht. Es ergibt sich keine Aenderung der mechanischen Eigenschaften des Werkstückes (bei Verwendung von kaltabbindenden Klebstoffen). Dichte Verbindungen und gleichmässige Krafteinleitung sind möglich. Unterschiedliche Werkstoffe können zusammengefügt werden ohne die Gefahr der Bildung galvanischer Elemente.

Klebeflächen-Vorbehandlung

Die Klebeflächen müssen sauber und frei von festhaftenden Oxydpartikeln sein. Geklebt werden können Oberflächen mit folgender Beschaffenheit:

- entfettet und geschmirgelt
- gebeizt (am besten in Sulfochromsäure)
- gestrahlt und entfettet (für beste Adhäsion)
- anodisiert (mit Ausnahme des Anodisierens in Chromsäure nicht bei hohen Anforderungen an die Adhäsion)

Klebstoff-Typen

Das Kleben kann mit kalthärtenden oder warmhärtenden Klebstoffen erfolgen, letztere erreichen die höchsten Festigkeiten. Die Verarbeitungsbedingungen der Hersteller sind genau einzuhalten. Sie richten sich nach der Klebstoffbasis und der Rezeptur. Typische Verarbeitungsbedingungen sind z.B.

Pour les alliages trempants, il est indiqué de travailler et souder les pièces à l'état « tendre » puis d'effectuer la trempe sur la pièce soudée. Les alliages autotrempants (du type AlZnMg) constituent une exception à cette règle.

La perte de solidité lors du soudage est d'autant plus faible que l'opération s'effectue rapidement. On peut souvent accepter une certaine diminution de solidité lorsqu'elle est compensée par une surépaisseur de la soudure (section supérieure) ou un durcissement à froid localisé (martelage).

10. Collage

Le collage est un procédé intéressant pour la production en série. La combinaison du collage au rivetage permet de diminuer le nombre de rivets et donc le poids tout en augmentant la solidité des raccords et leur rigidité (ex. aéronautique).

Avantages du procédé

La dextérité nécessaire s'acquiert rapidement. Il n'en résulte aucune modification des caractéristiques mécaniques de la pièce (en cas d'utilisation d'adhésifs à prise à froid). Il est possible de réaliser des raccords étanches et une répartition homogène des forces. Des matériaux différents peuvent être assemblés sans risque de formation d'éléments galvaniques.

Traitement préalable des surfaces à coller

Les surfaces doivent être propres et exemptes de particules oxydées adhérentes. Les surfaces présentant les caractéristiques suivantes peuvent être collées.

- dégraissées et passées à l'émeri
- décapées (de préférence à l'acide sulfochromique)
- sablées et dégraissées (pour une meilleure adhérence)
- anodisées (à l'exception de l'anodisation à l'acide chromique en cas d'exigences d'adhésion élevées).

Types de colles

Le collage peut s'effectuer avec des colles durcissant à froid ou à chaud, ces dernières permettant la meilleure solidité. Les conditions d'utilisation du fabricant sont à respecter impérativement. Elles dépendent de la base de l'adhésif et de la formulation. Exemples de conditions d'utilisation typiques:

Die Verarbeitung von Aluminium und Aluminium-Legierungen Blatt 13

für warmhärtende Klebstoffe

Basis Epoxydharz: Kleben ohne hohe Presskraft, abbinden 1 Stunde bei 200 Grad C

Basis Phenolharz: Mindestanpressdruck 7 bar (= kp/mm²) abbinden 30 Min. bei 150 Grad C

Modifiziertes Phenolharz: Anpressdruck 1 bar, abbinden 1 Stunde bei 150 Grad C oder 10 Min. bei 200 Grad C

für kalthärtende Klebstoffe

(Zweikomponenten-Klebstoffe)

Basis Epoxydharz: Bindemittel und Härter werden unmittelbar vor der Verarbeitung zusammengemischt. Abbinden in 5 Stunden bei 20 Grad C oder 1 Stunde bei 100 Grad C.

Basis Polyurethan: Etwa wie bei Epoxyd-Klebstoffen

Basis Methacrylat: Etwa wie bei Epoxyd-Klebstoffen

Tragverhalten von Klebverbindungen

Geklebte Verbindungen dürfen nur auf Schub parallel zur Klebefläche (= in Klebeebe) beansprucht werden. Die Zugscherfestigkeit ist im optimalen Bereich etwa proportional der Klebefläche.

Sie ist aber nicht generell proportional der Ueberlappungslänge, da durch die elastische Dehnung der Füge-teile bei Zugbeanspruchung Spannungsspitzen an den Ueberlappungsenden auftreten. Die grösste sinnvolle Ueberlappungslänge beträgt etwa die 15- bis 20-fache Füge-teildicke.

Die Scherzugfestigkeit ist auch von der Festigkeit der Füge-teile abhängig. Es ist darauf zu achten, dass die 0.2% - Grenze der Füge-teile bei der auftretenden Beanspruchung in keinem Fall überschritten wird.

Bei warmhärtenden Klebstoffen rechnet man üblicherweise mit einer 10-fachen Sicherheit gegen die Scherzugbruchlast.

Anwendungsgebiete des Klebens

Das Kleben lässt sich für viele Verbindungen anwenden. Anzumerken ist, dass Klebstoffe auf Basis Epoxydharz für Steckverbindungen oder Rohrmuffenverbindungen am besten geeignet sind, da sie keinen definierten Anpressdruck erfordern.

Usinage de l'aluminium et des alliages d'aluminium feuille 13

pour les colles durcissant à chaud

Base résine époxy : collage sans pression élevée, prise 1 heure à 200°C

Base résine phénolique : pression minimale 7 bars (= kp/mm²), prise 30 min à 150°C

Résine phénolique modifiée : pression 1 bar, prise 1 heure à 150°C ou 10 min à 200°C

pour les colles durcissant à froid

(colles bicomposants)

Base résine époxy : mélanger le liant et le durcissant immédiatement avant le travail. Prise en 5 heures à 20°C ou 1 h à 100°C.

Base polyuréthane : comme pour les colles époxy

Base méthacrylate : comme pour les colles époxy

Résistance des raccords collés

Les raccords collés ne doivent être sollicités que parallèlement à la surface de collage (= plan de collage). La résistance à la traction et au cisaillement est, dans la zone optimale, à peu près proportionnelle à la surface de collage.

Mais elle n'est pas généralement proportionnelle à la longueur de superposition, car l'extension élastique des joints lors de la traction peut générer des pointes de tension sur les extrémités de recouvrement. La longueur maximale de superposition utile se situe donc entre 15 et 20 fois l'épaisseur des joints.

La résistance à la traction et au cisaillement dépend également de la solidité des joints. Vérifier que la limite à 0,2% des joints n'est jamais dépassée en cas de sollicitation.

Pour les colles durcissant à chaud, on obtient généralement une protection 10 fois meilleure contre les risques de rupture au cisaillement et à la traction.

Domaines d'application du collage

Le collage se prête à de nombreux assemblages. Il est à noter que les colles à base de résine époxy sont les mieux adaptées pour les emboîtements ou les raccords à manchon car elles ne nécessitent pas une pression définie.

Die Verarbeitung von Aluminium und Aluminium-Legierungen Blatt 14

Die Spaltweite kann bei warmhärtenden Epoxydharzklebstoffen sehr gering gehalten werden.

Man kann Fügebauteile speziell auf die Erfordernisse des Klebens konstruieren. Dabei muss immer eine ausreichende Überlappungslänge vorgesehen werden.

11. Oberflächenbehandlung

Reinaluminium und Aluminiumlegierungen eignen sich für ganz verschiedene Arten von Oberflächenbehandlungen:

- Oberflächen-Vorbereitungen für weitere Verfahren, z.B. Anodisieren, Anstrich, Kleben
- Oberflächen-Fertigbehandlungen, z.B. für dekorative Oberflächen, Verschleisschutz, Korrosionsschutz

Entfetten

Es dient zur Beseitigung von Fett und Schmutz und soll zu einem besseren Aussehen führen, oder weitere Behandlungen ermöglichen.

Es kommen verschiedene Entfettungsverfahren in Betracht:

Tauchentfetten in organischen Lösungsmitteln:

Dies eignet sich nicht für grosse Werkstücke, bei kleineren Werkstücken verwendet man mehrere Bäder für Vorentfetten in gebrauchtem, abschliessendes Entfetten in sauberen Lösungsmitteln. Lösungsmittel grösserer Dichte sind vorzuziehen.

Dampfentfetten in Lösungsmitteldämpfen:

Dies ist die am meisten gebräuchliche Art. Sie erfolgt mit unbrennbaren Chlorkohlenwasserstoffen wie z.B. Trichloräthylen (Siedepunkt 87 Grad C) oder Perchloräthylen (Siedepunkt 120 Grad C) Erwärmt wird durch elektrische Widerstandserwärmung in Spezialgefässen. Die Dämpfe kondensieren auf den kalten Werkstücken und entfetten diese.

Die Einrichtungen müssen laufend gereinigt werden, um eine zu starke Verunreinigung auf den Heizschlangen zu vermeiden.

Usinage de l'aluminium et des alliages d'aluminium feuille 14

Avec les colles à résine époxy durcissant à chaud, l'écartement peut être très faible.

Il est possible de concevoir des joints spéciaux en fonction des exigences du collage. Il est alors impératif de prévoir une longueur de recouvrement suffisante.

11. Traitement de surface

L'aluminium pur et les alliages d'aluminium se prêtent à diverses sortes de traitements de surface:

- préparations de surface pour procédés ultérieurs, par ex. anodisation, peinture, collage
- traitements de surface définitifs, par ex. pour les surfaces décoratives et la protection contre l'usure ou la corrosion

Dégraissage

Permet d'éliminer les graisses et la saleté pour donner un aspect plus agréable ou en préalable à d'autres traitements.

Différentes méthodes de dégraissage sont utilisables :

Dégraissage par immersion dans des solvants organiques:

Cette méthode ne convient pas pour les grosses pièces; pour les plus petites pièces, on utilise plusieurs bains de dégraissage, dans des solvants réutilisés pour le dégraissage préalable puis dans des solvants neufs pour le dégraissage final. On préférera des solvants de forte densité

Dégraissage à la vapeur de solvants:

C'est la méthode la plus utilisée. Elle s'effectue à l'aide d'hydrocarbures chlorés ininflammables tels que le trichloréthylène (point d'ébullition 87°C) ou le perchloréthylène (point d'ébullition 120°C). Les solvants sont réchauffés par résistance électrique dans des récipients spéciaux. Les vapeurs se condensent sur les pièces d'aluminium froides et les dégraissent.

Ces installations doivent être nettoyées en permanence pour éviter trop de salissures sur les résistances de chauffage.

Die Verarbeitung von Aluminium und Aluminium-Legierungen Blatt 15

Trichloräthylen darf nicht bei sehr heissen Wärmequellen verwendet werden (Heizflammen, Ofen). Dabei besteht die Gefahr einer Zersetzung zu Phosgen.

Perchloräthylen ergibt besseres Abschwemmen durch grössere Kondensatsmengen und geringere Abdampfverluste.

Speziell saure oder basische Entfettungsbäder ergeben verankerungsfähige Oberflächen, die als Haftgrund für Beschichtungen dienen können.

Beizen

Zweck eines Beizens ist es, den Teilen ein gutes Aussehen zu verleihen oder sie für eine nachfolgende Behandlung z.B. für das Anodisieren vorzubereiten. Diese Behandlung löst Metall auf und kann manchmal zugleich zum Entfetten dienen.

Alkalisches Beizen ist geeignet für Reinaluminium und alle Aluminiumlegierungen mit Ausnahme plattierter Werkstoffe. Die Ausführung läuft wie folgt ab:

- Tauchen in 10%ige Natronlauge von 40 – 70 Grad C (Behälter aus Stahlblech)
 - Spülen in fliessendem Wasser
 - Neutralisieren in Salpetersäure bei 10 % (Behälter aus Aluminium Al 99.8)
 - Trocknen mit Sägespänen für kupferhaltige Legierungen eine 5 %ige NaOH-Lösung oder Beizen mit Sulfochromsäure
 - sorgfältige Spülen in fliessendem Wasser
 - Trocknen mit Sägespänen
- Farbtönungen nach dem Beizen in Natronlauge:
- Reinaluminium und AlMn: metallisch weiss
 - AlMg-Legierungen: weisslicher Belag
 - AlCu-Legierungen: schwarzer, lose haftender Belag
 - AlSi-Legierungen: dunkelgrauer Belag fest haftend

Beizen in Schwefelsäure ergibt einen weniger starken Angriff als in Natronlauge. Dieses Verfahren ist gut geeignet für AlMg-Legierungen und für plattierte Werkstoffe. Die Ausführung läuft wie folgt ab:

- Tauchen in 15-20 % ige Schwefelsäure von 60 – 70 Grad C (Behälter aus mit 3 mm Blei ausgeschlagenem Holz)
- Spülen in fliessendem Wasser
- Tauchen in Bad aus 10 – 15%iger Salpetersäure zur Erzielung einer silbrigen Farbtönung
- sorgfältiges Spülen in fliessendem Wasser
- Trocknen mit Sägespänen

Usinage de l'aluminium et des alliages d'aluminium feuille 15

Le trichloréthylène ne doit pas être utilisé à proximité de sources de forte chaleur (flammes, four). Il existe un risque de décomposition du produit en phosgène.

Le perchloréthylène emporte mieux les impuretés grâce à la quantité plus importante de condensat et aux moindres pertes d'évaporation.

Les bains de dégraissage acides ou basiques spéciaux donnent des surfaces plus accrocheuses qui peuvent servir de base à des revêtements.

Décapage

Le but du décapage est de donner un bon aspect aux pièces ou de les préparer à un traitement ultérieur, par ex. à l'anodisation. Ce traitement dissout le métal et peut parfois avoir un effet dégraissant.

Le décapage alcalin s'applique à l'aluminium pur et à tous les alliages d'aluminium, sauf les matériaux plaqués. L'opération se déroule comme suit:

- immersion dans une solution à 10% de soude caustique entre 40 et 70°C (récipient en tôle d'acier)
 - rinçage à l'eau courante
 - neutralisation dans l'acide nitrique à 10% (récipient en aluminium Al 99.8)
 - séchage à la sciure de bois pour les alliages contenant du cuivre, une solution à 5% de NaOH ou un décapage à l'acide sulfochromique
 - rinçage soigneux à l'eau courante
 - séchage à la sciure de bois
- Colorations après le décapage à la soude caustique :
- aluminium pur et AlMn : blanc métal
 - alliages AlMg : dépôt blanchâtre
 - alliages AlCu : dépôt noir peu adhérent
 - alliages AlSi : dépôt gris foncé adhérent

Le décapage à l'acide sulfurique attaque moins que la soude. Ce procédé convient aux alliages AlMg et aux matériaux plaqués. Il se déroule comme suit:

- immersion dans une solution à 15-20% d'acide sulfurique entre 60 et 70°C (récipients en bois revêtu de 3 mm de plomb)
- rinçage à l'eau courante
- immersion dans un bain d'acide nitrique à 10-15% pour obtenir une coloration argentée
- rinçage soigneux à l'eau courante
- séchage à la sciure de bois

Strahlen

Es wird gelegentlich wegen des damit erzielbaren Oberflächeneffektes, meist jedoch als Vorbehandlung für eine Metallbeschichtung oder einen Anstrich angewendet. Strahlmittel ist Korundpulver mittlerer oder feiner Körnung. Der Druck der verwendeten Druckluft beträgt 0,5 bis 2 bar, abhängig von der Dicke des Werkstückes und der gewünschten Oberflächenstruktur.

Gestrahlte Oberflächen sind sehr empfindlich. Sie dürfen nicht mit blossen Händen angefasst werden. Werden sie dekorativ verwendet, schützt man sie mit einem dünnen Anstrich aus farblosem Lack.

Bürsten (Satinieren)

Es wird mit rotierenden Drahtbürsten (Drähte aus nichtrostendem Stahl) verschiedener Härten ausgeführt. Die Werkstücke werden vorher entfettet oder gebeizt.

Polieren

Eine gute Politur erfordert hohe Umfangsgeschwindigkeiten.

Geschliffen wird zur Beseitigung von Riefen und Unebenheiten. Als Hilfsmittel verwendet man eine Filzscheibe mittelhart 150 – 500 mm Durchmesser / oder Schleifband breit (Körnung 100 – 240) mit Umfangsgeschwindigkeit 30 – 40 m/s. Als Schmiermittel verwendet man Talg oder dickflüssiges Mineralöl.

Poliert wird mit Schwabbeln Scheiben aus Baumwolle (Kaliko oder Shirting) mit Scheibendurchmesser 250 – 400 mm, 20 – 60 mm breit. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt 50 – 60 m/s, verwendet wird eine handelsübliche Polierpaste.

Entfettet wird gemäss Abschnitt 11.

Mit **Hochglanzpolieren** erreicht man eine glänzende Oberfläche. Verwendet werden Schwabbeln Scheiben aus Wollflanell oder Baumwollmolton. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt 25 – 35 m/s. Verwendet wird eine handelsübliche Feinpolierpaste. Es empfiehlt sich, diese sparsam zu verwenden.

Sablage

Parfois utilisé pour l'effet de surface qu'il permet d'obtenir, ce procédé est le plus souvent employé comme traitement préalable à un revêtement métallique ou une mise en peinture. On utilise de la poudre de corindon à grain moyen ou fin. La pression de l'air se situe entre 0,5 et 2 bars en fonction de l'épaisseur du matériau et de la structure de surface souhaitée.

Les surfaces **sablées** sont très sensibles. Ne pas les toucher à mains nues. Pour une utilisation décorative, on peut les protéger par une fine couche de peinture incolore.

Brossage (satinage)

Il s'effectue à l'aide de brosses rotatives (en fils d'acier inoxydable) de différentes duretés. Les outils doivent être dégraissés ou décapés au préalable.

Polissage

Un beau poli nécessite des vitesses périphériques élevées.

La pièce est **meulée** pour éliminer les rayures et les inégalités. On utilise pour cela un disque en feutre demi-dur de 150 - 500 mm de diamètre / ou une bande large (grain 100 – 240) avec une vitesse périphérique de 30 à 40 m/s. Pour la lubrification, on utilise soit du suif, soit de l'huile minérale épaisse.

Elle est ensuite **polie** à l'aide de disques souples en coton (calicot ou shirting) de 250 – 400 mm de diamètre, 20 – 60 mm de large. La vitesse périphérique est de 50 à 60 m/s, on utilise une pâte à polir classique.

Dégraissage suivant le § 11.

Le **polissage miroir** permet d'obtenir une surface brillante. On utilise des disques souples en flanelle ou en molleton de coton à une vitesse périphérique de 25 – 35 m/s. On utilise une pâte à polir fine classique qu'il est recommandé d'appliquer avec parcimonie.

Elektrolytisches Glänzen

Glänzen vermittelt den Teilen einen besonders lebhaften Glanz und ein hohes Reflexionsvermögen. Dem elektrolytischen Glänzen muss eine anodische Oxydation folgen, das zu glänzende Material ist die Anode.

Als Elektrolyte kommen in Frage:

- alkalisch Natriumphosphat und Natriumkarbonat (Brytal-Verfahren)
- sauer Säuremischungen (z.B. Procol-Verfahren und viele andere)
- andere Elektrolyt - Zusammensetzungen, die eine Oxydschicht genau so schnell auflösen können, wie sie gebildet wird

Die Oxydschicht auf Aluminiumoberflächen ist in Vertiefungen dicker als an hervortretenden Spitzen. Letztere werden daher schneller abgetragen, wodurch sich die einbrennende Wirkung ergibt. Die Oberfläche sieht danach wie poliert aus. Das Reflexionsvermögen wird – je Qualität etwas unterschiedlich - wesentlich verbessert.

Chemisches Glänzen

Dieses beruht auf Chemikalien, die hervorstehende Oberflächenrauheiten (Spitzen) bevorzugt und schnell löst. Es dient demselben Zweck wie das elektrolytische Glänzen. Erzielt wird Hochglanz oder Mattglanz. Es ist anwendbar für Rein- und Reinst-aluminium und die meisten Aluminiumlegierungen.

Das Aussehen ist sehr gleichmässig und sowohl für dekorative Zwecke als auch Vorbehandlung zum Anodisieren interessant. Zwei Verfahrensvarianten sind üblich:

- Glänzen in Phosphor/Salpetersäure Alupol, Brillotalu
- Glänzen in Salpeter-Flusssäure

12. Schutzüberzüge

Aluminium und Aluminiumlegierungen können der Wirkung korrosiver Medien ausgesetzt werden, wenn sie dagegen geschützt sind. Man kann sie auch gegen Metalle isolieren, die bei Feuchtigkeitszutritt mit Aluminium ein galvanisches Element bilden, bei dem Aluminium angegriffen wird.

Schutzschicht aus Aluminiumoxyd

Zwei verschiedene Methoden zu ihrer Bildung sind üblich, die chemische und die anodische Oxydation.

Polissage électrolytique

Cette méthode donne aux pièces un brillant particulièrement vivant et une surface fortement réfléchissante. Le polissage électrolytique consiste en une oxydation anodique, le matériau à polir constituant l'anode.

Les électrolytes suivants sont utilisables:

- phosphate de sodium alcalin ou carbonate de sodium (procédé Brytal)
- mélanges acides (ex. procédé Procol et autres)
- autres compositions électrolytiques capables de dissoudre une couche d'oxyde aussi vite qu'elle se forme.

La couche d'oxydation à la surface de l'aluminium est plus épaisse dans les creux que sur les parties saillantes. Ces dernières sont donc plus rapidement décapées, ce qui a un effet égalisateur. La surface prend donc un aspect poli. Son pouvoir réfléchissant - variable selon la qualité - est nettement amélioré.

Polissage chimique

Ce procédé repose sur des produits chimiques qui sont attirés par les inégalités de surface (aspérités) et les dissolvent rapidement. Il a le même objectif que le polissage électrolytique. On obtient un poli miroir ou mat. L'aluminium pur et extrapur ainsi que la plupart des alliages d'aluminium peuvent subir ce traitement.

L'aspect est très régulier et intéressant tant à des fins décoratives qu'en tant que traitement préalable à l'anodisation. Deux variantes sont courantes:

- polissage au phosphore/acide nitrique Alupol, Brillotalu
- polissage à l'acide nitrique-fluorhydrique

12 Revêtements de protection

L'aluminium et les alliages d'aluminium peuvent être exposés aux effets de milieux corrosifs s'ils sont protégés. On peut également les isoler contre les métaux qui, en présence d'humidité, forment avec l'aluminium un élément galvanique qui attaque l'aluminium.

Couche de protection en oxyde d'aluminium

Il existe deux méthodes de formation de cette couche, l'oxydation chimique et l'oxydation anodique.

Chemische Oxydation

Diese ermöglicht die Bildung einer Oxydschicht oder einer Schicht aus komplexen Salzen im Bereich von höchstens 2 – 4 my Dicke. Die Schicht schützt gut gegen Witterungseinflüsse, sie ist auch ein guter Haftgrund für nichtmetallische Beschichtungen.

Das **MBV-Verfahren** bewirkt eine graue Farbtönung mit leichtem Grünstich. Die Badlösung besteht aus 50 Gramm / l Natriumkarbonat und 15 Gramm / l Natriumdichromat, die Badtemperatur beträgt 95 – 100 Grad C. Die Behandlungsdauer beträgt abhängig vom Abnutzungszustand des Bades: 5 – 15 Minuten. Das Verfahren ist anwendbar für Reinaluminium und alle kupferfreien Aluminiumlegierungen.

Chromatieren erfolgt nach vorhergehendem Beizen. Die Farbtönung der Schicht ist gelblich (Gelbchromatisierung) unter Lichteinwirkung leicht verblassend.

Auch **Phosphatieren** wird nach vorhergehendem Beizen durchgeführt. Die Farbtönung der Schicht ist blau-grün und sehr lichtbeständig.

Anodisieren (Eloxieren) ermöglicht die Bildung von Oxydschichten von wenigen bis zu 30 my Dicke, abhängig von den Anodisierungsbedingungen. Das am meisten verwendete Verfahren ist 'GS' (Stromart Gleichstrom, Elektrolyt Schwefelsäure).

Ausführung:

- Badkonzentration: 20 Gew.% Schwefelsäure von 66 Grad Bé
- Stromdichte 1.5 A/dm
- Badtemperatur 20 +/- 2 Grad Celsius (22 Grad C dürfen nicht überschritten werden)

Behandlungsdauer:

- 15-30 Min. für Schichtdicke 5 – 10 my (geignet für Innenausstattungen)
- 30-45 Min. für Schichtdicke 10-15 my (für Witterungsbeständigkeit)
- 45-60 Min. für Schichtdicke 20 my (für Industrieatmosphäre)

Anodisieren wird angewendet

- als Oberflächenschutz gegen aggressive Medien
- zur Konservierung einer dekorativen Oberfläche
- als Verschleiss-Schutzschicht (Hartanodisieren)
- als elektrische Isolation (Bandspulen)

Oxydation chimique

Celle-ci permet la formation d'une couche d'oxyde ou d'une couche de sels complexes d'une épaisseur maximale comprise entre 2 et 4 microns. Cette couche protège bien contre les intempéries, elle forme également une bonne couche d'accrochage pour les revêtements non métalliques.

Le **procédé MBV** donne un ton gris aux nuances légèrement vertes. Le matériau est immergé dans un bain de 50 g/l de carbonate de sodium et de 15 g/l de dichromate de sodium à une température de 95 - 100°C. La durée du traitement s'étend de 5 à 15 minutes en fonction de l'état d'usage du bain. Ce procédé peut s'appliquer à l'aluminium pur et à tous les alliages d'aluminium sans cuivre.

Le **chromatage** s'effectue après un décapage préalable. La coloration de la couche est jaunâtre (chromatage jaune) pâlisant légèrement à la lumière.

Le **phosphatage** s'effectue aussi après un décapage. La couleur de la couche est bleu-vert et très résistante à la lumière.

L'anodisation (eloxage) permet de former des couches d'oxyde allant de quelques microns à 30 µm d'épaisseur, en fonction des conditions de la réaction. Le procédé le plus utilisé est le procédé à l'acide sulfurique sous courant continu (GS).

Exécution:

- concentration du bain : 20% en poids d'acide sulfurique à 66 °Bé
- densité du courant 1,5 A/dm
- température du bain 20 +/- 2 °C (ne pas dépasser 22°C)

Durée du traitement:

- 15 – 30 min pour une épaisseur de 5 à 10 µm (pour les équipements d'intérieur)
- 30 – 45 min pour une épaisseur de 10 à 15 µm (pour une bonne résistance aux intempéries)
- 45 – 60 min pour une épaisseur de 20 µm (pour les atmosphères industrielles)

L'anodisation s'utilise

- pour protéger la surface contre les milieux agressifs
- pour conserver une surface décorative
- comme couche de protection contre l'usure (anodisation dure)

Die Verarbeitung von Aluminium und Aluminium-Legierungen Blatt 19

Nicht alle Legierungen sind gleichgut geeignet. Falls lieferbar, sollte Eloxalqualität verwendet werden.

Ausser dem GS-Verfahren gibt es eine Reihe weiterer Anodisier-Verfahren, z.B. mit Chromsäureelektrolyten, die ansprechende opake Oxydschichten ergeben.

Farbanodisieren: Die gebildete Oxydschicht ist zunächst porös und kann daher spezielle lichtbeständige Pigmentsuspensionen (Eloxalfarben) aufnehmen. (Zweistufen-Farbanodisation mit Tauchfärbung)

Eine neuere Entwicklung ist das elektrolytische Einfärben, wobei die Farbpartikel (lichtbeständige Metallsalze) durch einen Gleichstrom tiefer als beim Tauchfärben in die Schicht hineintransportiert werden. (Zweistufen-Anodisieren mit elektrolytischem Einfärben)

Ausserdem gibt es eine Reihe von Verfahren, die direkt farbige Schichten bilden (Einstufen-Farbanodisieren in speziellen Elektrolyten). Erzielbare Farbtöne: Hell- bis Dunkelbronze oder schwarz.

Verdichten: Die beim Anodisieren erzeugten Schichten (nicht eingefärbte, eigengefärbte und eingefärbte Schichten) müssen anschliessend verdichtet werden. Das erfolgt durch Eintauchen in kochendes, entsalztes Wasser (95 – 100 Grad C) Die Behandlungsdauer ist etwa gleich wie für das Anodisieren selbst. Beim Verdichten erfolgt ein Zuquellen der Porenöffnungen. Die Schicht ist danach nicht mehr offen und die Schutzwirkung verbessert.

Man kann das Verhalten im Küstenklima durch Verdichten in einer kochenden 5 – 10 %igen Natriumbichromatlösung merklich verbessern. Dabei erhält die Schicht eine gelbgrüne Farbtönung.

Bezeichnung und Prüfung der Anodisierschichten

(nach DIN 17611 / 612)

a) Oberflächenbehandlung vor dem Anodisieren:

E0	ohne Vorbehandlung anodisiert
E1	geschliffen, anodisiert
E2	gebürstet, anodisiert
E3	poliert, anodisiert
E4	geschliffen, gebürstet, anodisiert
E5	geschliffen, poliert, anodisiert
E6	chemisch vorbehandelt (gebeizt), anodisiert

Usinage de l'aluminium et des alliages d'aluminium feuille 19

Tous les alliages ne sont pas adaptés à l'anodisation. Lorsqu'elle existe, utiliser la qualité „Eloxal“.

Mis à part le procédé GS, il existe toute une gamme de procédés d'anodisation, par exemple à l'acide chromique, qui donnent différentes couches d'oxyde opaques.

Anodisation colorée: au début, la couche d'oxyde est poreuse et peut donc absorber des suspensions de pigments spécifiques (teintes d'anodisation) résistantes à la lumière (anodisation couleur en deux étapes avec coloration par immersion).

La coloration électrolytique représente une nouvelle évolution : les particules colorées (sels métalliques résistants à la lumière) sont transportées dans la couche d'oxyde par un courant continu plus profondément que lors de la coloration par immersion (anodisation en deux étapes avec coloration électrolytique).

Il existe en outre divers procédés qui permettent de former une couche d'oxyde directement colorée (anodisation couleur en une étape dans des électrolytes spéciaux). On obtient des coloris allant du bronze clair au bronze foncé ou noir.

Colmatage : les couches générées par l'anodisation (couches non colorées, colorées par apport ou intrinsèquement) doivent ensuite être compactées. Cette opération s'effectue par immersion dans un bain d'eau déminéralisée bouillante (95 – 100°C). La durée du traitement est similaire à celle de l'anodisation elle-même. Le colmatage provoque un gonflement qui ferme les pores du matériau. La couche n'est plus poreuse et son effet protecteur est renforcé.

On peut améliorer le comportement des matériaux soumis à des climats côtiers en effectuant le colmatage dans une solution bouillante à 5 – 10% de bichromate de sodium. La couche d'oxyde prend alors une couleur jaune-vert.

Désignation et contrôle des couches anodisées

(norme DIN 17611 / 612)

a) traitement de surface avant anodisation :

E0	anodisé sans traitement
E1	meulé, anodisé
E2	brossé, anodisé
E3	poli, anodisé
E4	meulé, brossé, anodisé
E5	meulé, poli, anodisé
E6	traitement chimique (décapage), anodisé

Die Verarbeitung von Aluminium und Aluminium-Legierungen Blatt 20

Die Vorbehandlungen haben auf Schutzwirkung und Oxydschicht keinen Einfluss, sie bestimmen lediglich das Aussehen und wirken sich auf die Kosten der Behandlung aus. Ein definiertes Aussehen ist damit aber nicht vorauszusetzen. **Das Aussehen ist vielmehr zwischen Besteller und Anodisieranstalt mit Hilfe von Ausfallmustern (auch hinsichtlich der Farbtonabweichung) zu vereinbaren.**

Grob geschliffene Oberflächen verschmutzen jedoch leichter, das kann sich nachteilig auf die Witterungsbeständigkeit auswirken.

b) Mindestschichtdicken

für Anwendungen im Bauwesen (DIN 17611):
für Aussenanwendungen mindestens 24 my
für Innenanwendungen mindestens 10 my

Empfohlene Schichtdicken für andere Anwendungen:

für Beschläge 10-15 my (auch für gegossene Bau-
beschläge) für Reflektoren 5 – 10 my (zunehmende
Schichtdicke verringert die Reflektion!)
für Küchengeschirr 10-20 my für Verschleisschutz-
schichten 30-60 my (Hartanodisieren, nicht dekorativ)

Bezeichnungen für die Farbtöne

Je nach Verfahren können nahezu alle Farbtöne erzielt werden. **Das Aussehen ist nach Ausfallmustern mit der Anodisieranstalt zu vereinbaren.** In den meisten Fällen bedient man sich der Standardfarben des Eloxalverbandes, die mit EV 1 – EV 6 bezeichnet sind.

EV1	Naturfarbe, farblose Schicht
EV2	Gold hell, Neusilbertönung
EV3	Gold dunkel
EV4	Bronze hell
EV5	Bronze mittel
EV6	Schwarz (mit organischem Pigment gefärbt)

Die Farbtöne EV2-EV5 sind mit anorganischen Pigmenten tauchgefärbt. Als Vergleichsmuster dient der Standard-Farbfächer der Eloxierunternehmen.

Aus der Kombination der Bezeichnungen für die Oberflächenbehandlung und der Farbtöne kann eine Kurzbezeichnung angewandt werden, z.B. E6 / EV1.

Usinage de l'aluminium et des alliages d'aluminium feuille 20

Les traitements préalables n'ont aucun effet sur l'action protectrice et la couche d'oxyde, ils déterminent seulement l'aspect extérieur et modifient le coût du traitement. Cependant, il n'est pas possible de prévoir un aspect défini. **L'aspect extérieur doit plutôt être convenu entre le client et l'organisme réalisant l'anodisation à l'aide d'échantillons de chutes (également en prévision des variations de nuances).**

Les surfaces grossièrement meulées se salissent toujours plus facilement, ce qui peut avoir un effet néfaste sur la résistance aux intempéries.

b) Epaisseur minimale des couches

pour les applications dans le bâtiment (DIN 17611)
pour les applications d'extérieur au moins 24 µm
pour les applications d'intérieur au moins 10 µm

Epaisseurs recommandées pour d'autres applications :

pour les ferrures 10-15 µm (y compris ferrures coulées)
pour les réflecteurs 5-10 µm (une épaisseur croissante diminue la réflexion !)
pour les ustensiles de cuisine 10-20 µm
pour la protection contre l'usure 30-60 µm (anodisation dure, non décorative)

Désignations des teintes

Selon le procédé, on peut obtenir presque toutes les couleurs. **L'aspect doit être convenu avec l'entreprise d'anodisation à l'aide d'échantillons de chutes.** Dans la plupart des cas, on se sert des couleurs standard de l'union « Eloxalverband » désignées par les codes EV1 à EV6 :

EV1	couche naturelle incolore
EV2	or clair, argent neuf
EV3	or foncé
EV4	bronze clair
EV5	bronze moyen
EV6	noir (coloration aux pigments organiques)

Les nuances EV2 – EV5 s'obtiennent par coloration par immersion à l'aide de pigments anorganiques. Le nuancier standard des entreprises d'anodisation sert d'échantillon de comparaison.

La combinaison des désignations de traitements de surface et de teinte s'abrège comme suit : ex. E6/EV1.

13. Transport und Lagerung

Aluminiumhalbzeug sollte immer geschützt vor Witterungseinflüssen transportiert und gelagert werden. Die Lagerräume sollen trocken, allseitig geschlossen, aber gut belüftet sein und in der kalten Jahreszeit beheizt werden. Günstig sind Lagertemperaturen zwischen 16 und 20 Grad C mit relativen Luftfeuchtigkeiten von 40 – 50 %. In der kalten Jahreszeit besteht die Gefahr, dass sich auf Halbzeug, dass auf dem Transport stark unterkühlt worden ist, im geheizten Lagerraum Kondenswasser (Schwitzwasser) bildet. Das kann – besonders bei Blechstapeln und Bändern – zu Korrosionsschäden führen. Es ist daher empfohlen, stark unterkühltes Halbzeug durch Zwischenlagern in kühleren (trockenen) Vorräumen langsam auf die Lager- oder Werkstatttemperaturen zu erwärmen.

Durch Niederschläge durchfeuchtete Verpackung muss sofort entfernt werden. Das Material sollte danach jedes für sich getrocknet werden. Da das bei Bändern ohne Umrollen nicht möglich ist, müssen diese bei Transporten und im Freien besonders sorgfältig gegen Feuchtigkeit und Nässe geschützt werden. Die Behandlung mit Korrosionsschutzölen erübrigt solche Vorsichtsmassnahmen nicht.

Die Lagerung von Blechen und Bändern (Coils) sollte stehend auf Unterlagen aus Kantholz erfolgen, die von Profilen, Stangen und Rohren horizontal auf Lagergestellen, deren Kragarme eine Auflage aus Kunststoff oder Holz haben. Profile grösserer Querschnitte können auch leicht geneigt senkrecht gestellt werden.

14. Kennzeichnung

Aluminiumhalbzeug wird in vielen Zusammensetzungen und Zuständen verarbeitet.

Besonders falls Halbzeug gleicher Abmessungen aus verschiedenen Legierungen oder Zuständen gelagert und verwendet wird, ist eine Kennzeichnung – auch für Reststücke – unbedingt empfohlen.

Soweit nicht wegen besonderer Vorschriften eine wechselsfreie Kennzeichnung über die gesamte Blech-, Band- oder Stablänge erfolgen muss, empfiehlt sich die Kennzeichnung mit Signierstiften, Rollstempeln, oder an der Stirnfläche von Stangen mit Schlagstempeln.

Aufgrund der Kennzeichnung sind nicht zuletzt auch die Grundlagen für die Rückverfolgbarkeit gemäss ISO 9000 gegeben.

13. Transport et stockage

Les produits d'aluminium corroyé doivent toujours être protégés contre les intempéries pendant le transport et le stockage. Les entrepôts doivent être secs, fermés de tous côtés mais bien aérés, chauffés en hiver. Les températures idéales se situent entre 16 et 20°C avec une humidité relative de 40 – 50%. En hiver, il existe un risque de condensation lorsque les produits refroidis pendant le transport se retrouvent dans un entrepôt chauffé. Cette eau de condensation peut – en particulier sur les tôles empilées et les bandes – entraîner une corrosion. Il est donc recommandé de placer les produits très froids dans un stock intermédiaire frais (sec) pour les amener progressivement à la température de l'entrepôt ou de l'atelier.

Les emballages mouillés par de la condensation doivent être immédiatement retirés. Le matériau doit ensuite être séché individuellement. Comme il n'est pas possible de le faire sur les bandes sans les dérouler, celles-ci doivent être très soigneusement protégées contre l'humidité et l'eau lors du transport et du stockage à l'air libre. Un traitement à l'aide d'huiles anticorrosion ne dispense pas de ces précautions.

Les tôles et les rouleaux (coils) doivent être stockés debout sur des supports en bois équarri ; les profilés, les barres et les tubes doivent être stockés à l'horizontale sur des râteliers donc les bras sont revêtus de plastique ou de bois. Les profilés de forte section peuvent également être posés verticalement, légèrement inclinés.

14. Marquage

Les produits d'aluminium corroyé sont travaillés dans de nombreuses compositions et des états variés

Lorsque des produits de mêmes dimensions constitués d'alliages différents ou dans des états différents sont stockés et utilisés, il est impératif de les marquer – y compris les chutes.

A moins qu'un marquage univoque ne soit imposé par des directives particulières sur toute la longueur des tôles, bandes ou barres, il est recommandé de les marquer à l'aide de pointes, de roulettes ou de poinçons sur la tête des barres.

Dans le cadre du marquage, les principes relatifs à la traçabilité selon la norme ISO 9000 sont également à respecter.

Kontaktkorrosion (elektrolytische Korrosion)

Voraussetzung für das Auftreten von Kontaktkorrosion ist, dass aktive Oberflächen und ein Elektrolyt (z.B. Feuchtigkeit) vorhanden sind.

Werden vorhandene Deckschichten (Passivierungsschichten) nicht durch die chemische Wirkung von Elektrolyten angegriffen, erfolgt auch keine Korrosion. Zwischen Aluminium mit einer natürlichen Oxydschicht und austenitischem Chromnickelstahl mit Passivierungsschicht erfolgt z.B. in der Witterung keine Kontaktkorrosion, weil sich kein elektrolytisches Potential bildet. Anders liegen die Verhältnisse in See- (=Meer)-wasser, wodurch ein Cr/Ni-Stahl depassiviert werden kann. Mo-legierte nichtrostende Stähle können hingegen auch in dieser Umgebung ohne Bedenken mit Aluminium zusammengebaut werden.

Mit Ausnahme von Kupfer, das in Ionenform in Wasser gelöst und auf Aluminium auszementiert werden kann, bestehen bei gut abgedichteten Spalten, (auch bei Schraubenköpfen und Gewinden) für korrosionsbeständige Aluminiumlegierungen kaum Probleme beim Zusammenbau mit gut beständigen oder korrosionsgeschützten anderen Metallen.

Chemische Einwirkungen durch Nichtmetalle

Bei porösen Werkstoffen besteht die Gefahr dauernder, einer Spaltkorrosion vergleichbaren Wirkung bei anhaltender Durchfeuchtung. Da dauernde Feuchtigkeit zum Verrotten umgewandelter Naturprodukte wie Papier, Pappe, Holz, Spanplatten, aber auch zur Zersetzung von Gipsplatten und Mörtel führen würde, müssen dagegen ohnehin Massnahmen getroffen werden. Chemische Angriffe können jedoch z.B. durch starke saure oder alkalische Holzsäfte oder durch kupfer- oder fluoridhaltige Holzschutzmittel hervorgerufen werden. Bei nichterprobten Werkstoff-Kombinationen wird ein Bitumenanstrich der Kontaktflächen daher grundsätzlich empfohlen. Dasselbe gilt auch für den Einbau von Aluminium ins Erdreich, wo neben Feuchtigkeit auch Einwirkungen durch saure oder alkalische Reaktion möglich ist.

Beton- und Zementmörtel (alkalisch) ätzt bis zum vollständigen Abbinden Aluminium an und haftet dadurch sehr fest darauf. Danach ist das Verhalten neutral. Ein Schutz der Aluminiumoberfläche in der Zone, wo es aus dem Beton heraustritt (50 mm über und unter der Austrittsebene) durch Bitumen- oder Lackanstrich ist jedoch empfohlen. (durch unterschiedliche Wärmeausdehnung könnten Spalte gebildet werden)

Corrosion de contact (corrosion électrolytique)

La corrosion de contact nécessite la présence de surfaces actives et d'un électrolyte (ex. de l'humidité).

Lorsque les couches de protection (couches de passivation) ne sont pas attaquées par l'effet chimique des électrolytes, aucune corrosion ne se produit. Entre de l'aluminium avec une couche d'oxyde naturelle et de l'acier austénitique au chromenickel avec couche de passivation, il ne se produit par exemple aucune corrosion de contact aux intempéries, car aucun potentiel électrolytique n'apparaît. Mais les conditions sont différentes dans l'eau de mer, où un acier Cr/Ni peut être dépassivé. Par contre, les aciers inoxydables à alliage Mo peuvent être assemblés sans crainte avec l'aluminium dans cet environnement.

A l'exception du cuivre, qui se dissout sous forme ionique dans l'eau et dont la cémentation avec l'aluminium peut s'inverser, lorsque les fentes sont bien colmatées (y compris sur les têtes de vis et les filetages) les alliages d'aluminium résistants à la corrosion ne posent guère de problèmes lors de l'assemblage avec d'autres métaux bien résistants à protégés contre la corrosion.

Effets chimiques des non-métaux

Avec les matériaux poreux, il existe un risque d'effet durable similaire à celui de la corrosion par fissure en cas d'humidification permanente. Comme l'humidité permanente entraînerait le pourrissement des produits naturels transformés tels que le papier, le carton, le bois, les panneaux de particules, mais également la désagrégation des plaques de plâtre et du mortier, il faut de tout façon prendre des mesures pour les protéger. Les attaques chimiques peuvent toutefois être provoquées par la forte acidité ou alcalinité de certaines sèves de bois ou par des produits de protection du bois contenant du cuivre ou du fluor. En cas de combinaison de matériaux non testée, il est recommandé de protéger les surfaces de contact par une peinture au bitume. Ce principe s'applique également en cas d'installation de l'aluminium dans la terre, où non seulement l'humidité, mais aussi des réactions acides ou alcalines peuvent avoir des effets néfastes.

Le mortier de béton et de ciment (alcalin) attaque l'aluminium jusqu'à la prise complète et s'y attache donc fermement. Ensuite, il devient neutre. Il est cependant conseillé de protéger la surface de l'aluminium dans la zone où elle dépasse du béton (50 mm au-dessus et en dessous du niveau de sortie) par une peinture au bitume ou une laque (les différences de dilatation thermique peuvent provoquer des fissures).

15. Zusammenbau mit anderen Werkstoffen

Der Zusammenbau von Aluminium mit anderen Werkstoffen, Metallen oder Nichtmetallen, erfolgt vorwiegend unter Verwendung mechanischer Befestiger bei flächigem, bzw. überlappendem Kontakt. Bei Elektrolytzutritt (Feuchtigkeitsentwicklung) kann dabei die Ursache für eine Korrosion von Aluminium oder des angeschlossenen Werkstoffes gegeben sein. Bei Nichtmetallen können ausserdem gegenüber Aluminium chemisch aggressive Mittel herausgelöst werden.

Nachstehende Hinweise geben an, worauf besonders zu achten ist:

Spaltkorrosion

Spalte sollten bei Witterungs- oder Feuchtigkeits-einfluss grundsätzlich abgedichtet werden, damit keine Feuchtigkeit eindringen und Korrosion verursachen kann (= Spaltkorrosion). In Spalte (kritische Spaltweite 0,05 – 0,15 mm) eingedrungene Feuchtigkeit trocknet nur sehr langsam aus. Durch unterschiedlichen Sauerstoffgehalt in den Tiefen des Spaltes (sauerstoffarm) und in den Randzonen (sauerstoffreicher) kann sich über die chemische Wirkung der Feuchtigkeit hinaus ein elektrochemisches Potential bilden. Dieses kann auch bei sehr gut beständigen Werkstoffen, wie z.B. nichtrostendem Stahl, einen Korrosionsangriff verursachen.

Weit mehr als die Hälfte der als Kontaktkorrosion angesehenen Schadensfälle sind in Wirklichkeit Spaltkorrosion!

Das Abdichten der Spalte kann vor oder nach dem Zusammenbau erfolgen. Bei Kontaktflächen Aluminium – Stahl, bei denen die Stahlteile einen Anstrich erhalten, z.B. durch Zusammenbau bei noch feuchtem Anstrich. Bei Anschlüssen mit beliebigen Werkstoffen empfiehlt sich die Verwendung von Dichtungsbinden, Dichtungskitten oder von Klebstoffen. Nachträgliches Abdichten kann durch Verwendung dünnflüssiger anaerob (bzw. quasi anaerob) abbindender Monomere (z.B. Loctite, LOP, Omni-Fit), durch Anstrich der gesamten Anschlussstelle oder durch dauerelastische Kitten erfolgen.

Kalkmörtel kann gefährlich werden, wenn im Regenwasser gelöster Kalk auf die Aluminiumoberflächen fließen kann.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei der Verarbeitung von Aluminium!

Ihre **SAUTER EDELSTAHL AG**

15. Assemblage avec d'autres matériaux

L'assemblage de l'aluminium avec d'autres matériaux, métalliques ou non, s'effectue le plus souvent à l'aide de fixations mécaniques en contact à plat ou chevauchant. En cas de présence d'électrolytes (humidité), il peut se produire une corrosion de l'aluminium ou du matériau auquel il est fixé. Pour les non-métaux, il peut également se dégager des substances chimiquement agressives vis-à-vis de l'aluminium.

Les conseils ci-après indiquent de quels problèmes il faut particulièrement se méfier.

Corrosion par fissures

Les fissures doivent être protégées des intempéries ou de l'humidité pour éviter l'infiltration d'humidité qui provoquerait la corrosion (= corrosion par fissures). L'humidité infiltrée dans les fissures (largeur critique 0,05 – 0,15 mm) ne sèche que très lentement. Le taux d'oxygène différent au fond de la fente (faible) et près des bords (élevé) peut engendrer un potentiel électrochimique par l'effet chimique de l'humidité. Ce phénomène peut également causer une attaque corrosive sur les matériaux très résistants, par ex. l'acier inoxydable.

Plus de la moitié des dommages considérés comme de la corrosion de contact sont en fait dus à la corrosion par fissures.

Le colmatage des fissures peut s'effectuer avant ou après l'assemblage. Sur les surfaces de contact aluminium – acier dont les parties en acier sont peintes, par ex. en effectuant le montage lorsque la peinture est encore humide. Sur les assemblages avec des matériaux quelconques, il est recommandé d'utiliser des rubans d'étanchéité, mastics d'étanchéité ou colles. Le colmatage peut s'effectuer ultérieurement à l'aide de colles monomères fluides anaérobies (ou quasi anaérobies) tels que Loctite, LOP, Omni-Fit, en peignant la totalité du point de raccord ou à l'aide de mastics élastiques.

Le mortier à la chaux peut être dangereux lorsque la chaux dissoute par l'eau de pluie peut s'écouler sur la surface de l'aluminium.

Nous vous souhaitons toute réussite dans le travail de l'aluminium !

Votre **SAUTER EDELSTAHL AG**

Silber aus Lehm – die Geschichte von Aluminium

Aluminium wurde erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts entdeckt. Der Engländer Humphrey Davy vermutete im Jahr 1807 in der Tonerde (englisch ‚alumina‘) ein an Sauerstoff gebundenes Metall. Zuerst nannte er es ‚Aluminium‘, später wurde daraus Aluminium.

Erstmals gelang es dem dänischen Physiker Hans Christian Oersted 1825, durch Umsetzung von wasserfreiem Aluminiumchlorid mit Kaliumamalgam, metallisches Aluminium herzustellen.

Im Jahre 1845 reduzierte der Deutsche Friedrich Wöhler wasserfreies Aluminiumchlorid mit reinem Kalium zu Aluminiumpulver. Er stellte auf diese Weise erstmals in einem etwas grösseren Umfang Aluminium in Form von stecknadelgrossen Kugeln her. An diesen bestimmte er dann die physikalischen Eigenschaften des Materials.

Schliesslich legte der französische Forscher Henri Sainte-Claire Deville im Jahr 1852 den Grundstein für die industrielle Gewinnung von Aluminium. Es gelang ihm durch Verbesserung des Wöhler-Verfahrens, Aluminium mit einer Reinheit von 97 % in Form von Blöckchen herzustellen.

Auf der Weltausstellung 1855 in Paris konnte dann die Öffentlichkeit erstmals das neue, weisse Metall bestaunen, das nur den dritten Teil des spezifischen Gewichts von Eisen und Kupfer aufwies.

Diesem ‚Silber aus Lehm‘, wie man es nannte, wurde der Weg zur industriellen Verwendung aber erst geöffnet, als im Jahre 1886 der Franzose Héroult und der Amerikaner Hall die Verfahren entdeckten, Aluminium durch Elektrolyse aus in geschmolzenem Kryolith gelöster Tonerde zu gewinnen.

Die Erfindung der Dynamomaschine durch Siemens im Jahr 1886 schuf die Voraussetzung für eine wirtschaftliche Gewinnung von Aluminium. 1878 konstruierte er seinen ersten Metallschmelzofen mit Kohleelektroden und Kohletiegel, der den Erfindern der Aluminium-Elektrolyse als Grundlage diente.

Héroult entwickelte 1887/88 das Elektrolyse-Verfahren zur Herstellung von Aluminium-Bronze bei der neu gegründeten Schweizerischen Metallurgischen Gesellschaft in Neuhausen am Rheinfall bis zur Produktionsreife. Neuhausen wurde damit zur Wiege der europäischen Aluminiumindustrie.

De la boue à l'éclat de l'argent - histoire de l'aluminium

L'aluminium n'a été découvert qu'au début du 19^e siècle. L'anglais Humphrey Davy a soupçonné en 1807 la présence dans l'alun (en latin „alumina“) d'un métal lié à l'oxygène. Il l'a d'abord nommé „aluminum“, puis „aluminium“.

C'est le physicien danois Hans Christian Oersted qui, le premier, a réussi à fabriquer de l'aluminium métallique en 1825 à partir de chlorure d'aluminium anhydre avec un amalgame de potassium.

En 1845, l'Allemand Friedrich Wöhler a effectué la réduction du chlorure d'aluminium anhydre à l'aide de potassium pur pour obtenir de la poudre d'aluminium. De cette manière, il a pour la première fois fabriqué de l'aluminium sous forme de billes grosses comme des têtes d'épingle en plus grande quantité. Il les a ensuite utilisées pour déterminer les caractéristiques physiques du matériau.

Finalement, le chercheur français Henri Sainte-Claire Deville a posé en 1852 les bases de la fabrication industrielle de l'aluminium. En améliorant le procédé de Wöhler, il a réussi à fabriquer de l'aluminium pur à 97% sous forme de blocs.

Lors de l'exposition universelle de 1855 à Paris, le public a pu admirer pour la première fois ce nouveau métal blanc dont la densité est seulement le tiers de celle du fer et du cuivre.

Cet « argent tiré de la boue », comme on l'appela, n'a vu s'ouvrir la voie de l'utilisation industrielle qu'à partir de 1886; lorsque le Français Héroult et l'Américain Hall ont découvert les procédés permettant d'obtenir l'aluminium par électrolyse de l'alumine dissoute dans la cryolite en fusion.

La découverte de la dynamo par Siemens en 1886 a constitué une condition permettant une exploitation économique de l'aluminium. En 1878, il a construit son premier four de fonte métallique à électrodes et creuset au carbone, qui a servi de base aux découvreurs de l'électrolyse de l'aluminium.

En 1887/88, Héroult a mis au point et perfectionné le processus d'électrolyse pour la fabrication de bronze d'aluminium dans la Société Métallurgique Suisse de Neuhausen sur la chute du Rhin, jusqu'à atteindre une fabrication industrielle. Neuhausen est alors devenue une plaque tournante de l'industrie européenne de l'aluminium.

Silber aus Lehm – die Geschichte von Aluminium

Allgemeine Eigenschaften von Aluminium:

Schmelzpunkt	660 Grad C
Magnetismus	nicht magnetisch
Spezifisches Gewicht	2.7 g / cm ³

Quelle: Alcan

De la boue à l'éclat de l'argent - histoire de l'aluminium

Propriétés générales de l'aluminium:

Point de fusion	660°C
Magnétisme	non magnétique
Densité	2,7 g / cm ³

Source : Alcan