

Mir ist bisher nicht ein Fall bekannt geworden, in dem ein Konstruktionsteil aus Duralumin infolge Ermüdung zu Bruch gegangen ist.

Ein Beweis für die Zuverlässigkeit des Duralumins ist die Tatsache, daß der Luftschiff- und Flugzeugbau dem während einer langen Reihe von Jahren unter den denkbar schwierigsten Verhältnissen erprobten Baustoff treu geblieben sind. Heute ist der Flugzeugbau einer der größten, wenn nicht der größte Abnehmer des Duralumins. Daneben wird es in steigendem Umfang auf vielen anderen Gebieten verwandt, wovon Kraftwagenbau, Verbrennungsmotorbau, Mo-

torrad- und Fahrradbau, Schiff-, Yacht- und Bootsbau als die bedeutendsten genannt werden sollen. Einige herausgegriffene Beispiele für die Verwendung zeigen die Abbildungen 1 bis 3.

Seit einiger Zeit wird Duralumin für schwerere Konstruktionsteile in Form von Schmiedestücken bis 600 kg Gewicht und warm gewalzten Profilen in den Handel gebracht. Letztere haben in der Legierung 681B veredelt eine Festigkeit von 26 bis 28 kg/mm² an der Streckgrenze, 40 bis 43 kg/mm² an der Bruchgrenze bei 18 bis 20 % Dehnung. [RS 1109]

Eingegangen 14. Dezember 1926.

Silumin

Beiträge zum Verständnis der Veredelungs-Vorgänge

Von J. Czochralski, Frankfurt a. M.

Aladar Pacz, ein gebürtiger Ungar, beschäftigte sich im Laboratorium der General Electric Co. mit der Erzeugung von hochwertigem Glühlampendraht. Er machte hierbei die Beobachtung, daß durch Kieselsäurezusätze eine weitergehende Reduktion der oxydischen Anteile der gesinterten Vorprodukte erreicht wird, als dies mit Hilfe der üblichen Wasserstoffreduktion möglich war. Außerdem zeichnete sich der so erhaltene Metallfaden durch eine bedeutende Homogenität und Kornfeinheit aus. Das Verfahren hat allgemein Verbreitung und Anerkennung gefunden.

Viele Jahre später versuchte A. Pacz von diesem Mittel wieder Gebrauch zu machen, und zwar um eine Verbesserung der Aluminiumlegierungen zu erreichen. Das dem Metall in Form von Kieselsäure oder in elementarer Form zulegierte Silizium allein rief aber diese Wirkung noch nicht hervor. Pacz griff zu den verschiedensten Flußmitteln, darunter auch zu den Fluor-Natriumsalzen, und sofort trat der feinkörnige Bruch bei der Legierung auf, der das Wesentliche des Graining-Verfahrens ausmacht. Nun ist es seit langem bekannt (DRP 140 737 vom Jahre 1902), daß die Alkalihalogenide auf metallisches Aluminium einwirken, so daß man metallisches Alkalimetall neben dem Alkali-Aluminium-Halogenid erhält. Das Freiwerden des Alkalimetalls bei der Reaktion kann man unmittelbar auch an der charakteristischen Flammenfärbung der verbrennenden freien Metalle augenfällig wahrnehmen, eine Erscheinung, von der der Veredlungsvorgang bei Verwendung der Alkali-Halogenide stets begleitet wird.

Es entsteht natürlich die Frage, welche Bestandteile die eigentlichen Legierungsbildner sind und worin das Wesen des Veredlungsvorganges zu suchen sei. Der Vorgang der Veredlung beruht im wesentlichen offenbar darauf, daß das Natrium in Form einer festen Lösung zunächst auf das binäre System Aluminium-Silizium einwirkt und so die Kristallisation und Konstitution der Legierung wesentlich beeinflußt, eine Erklärung, die vom Verfasser bereits 1920/21 gegeben worden ist. Auf Grund zahlreicher Beobachtungen ergibt sich für die Natriumveredlung die in Abb. 1 wiedergegebene zahlenmäßige Beziehung. Die günstigsten Werte der Festigkeit und Dehnung erhält man bei einem Natriumzusatz bis zu 0,1% aufwärts. Durch ganz eingehende Versuche wurde nun aber bereits 1923¹⁾ vom Verfasser festgestellt, daß schon bei Natriummengen von weniger als etwa 0,01 bis 0,02% noch ganz einwandfreie Veredlungswirkungen erreicht werden können, während häufig bei viel höheren Natriumgehalten, etwa 0,08%, die

Veredlungswirkung unter Umständen auch ausbleiben kann. Bei der Betrachtung dieser Vorgänge kommt es weniger darauf an, wieviel Natrium der Legierung zugesetzt wurde, als vielmehr auf den in der Legierung wirklich verbliebenen Natriumgehalt, da ja ein großer Teil des Natriums, je nach dem Reinheitsgrad des Aluminiums, für die Abwicklung von Nebenreaktionen verbraucht wird. In den weitaus meisten Fällen genügt ein Gesamtzusatz von 0,05%, aus Sicherheitsgründen wird er aber häufig auf 0,1% erhöht.

Wir müssen also zwischen einem theoretischen und einem wirklichen Natriumbedarf bei dem hier geschilderten Veredlungsvorgang unterscheiden. Auf jeden Fall genügen aber schon ganz winzige Mengen von Natrium, die 0,01% nicht zu übersteigen brauchen, um eine volle Veredlung zu erreichen. Die anfangs gestellte Frage, welche Bestandteile die eigentlichen Legierungsbildner sind, kann zweifellos dahin beant-

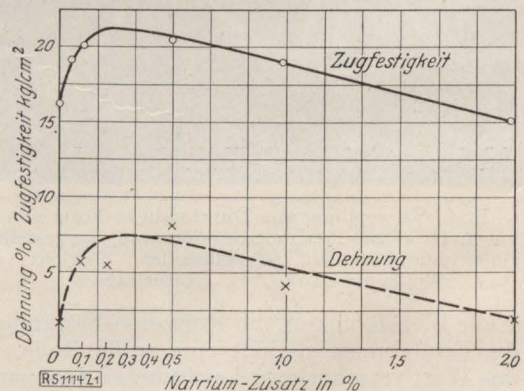


Abb. 1. Festigkeit und Dehnung von Al-Si-Legierungen, in Abhängigkeit von Natrium-Zusatz

wortet werden, daß neben dem Zweistoff-System Aluminium-Silizium zumindest auch die Gegenwart eines Alkalimetalls für das Vorratstehen der Veredlung notwendig ist. Damit ist aber über das Wesen des Vorganges noch nichts ausgesagt. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß eine einwandfreie Festlegung der Verhältnisse in Anbetracht des Auftretens des dritten Bestandteiles in Spuren außerordentlich schwierig sein dürfte. Die chemische und die thermische Analyse werden für zuverlässige Angaben kaum noch hinzuzuziehen sein, es verbleibt zunächst nur noch die mikroskopische Prüfung.

In der Tat scheint es nun so, als ob man an Hand dieses Untersuchungsverfahrens einige dahingehende Fingerzeige erhalten könnte. Abb. 2 zeigt das Aussehen der binären Aluminium-Siliziumlegierung bei Abwesenheit von Natrium. Es handelt sich hierbei

¹⁾ Z. f. Metallk., Bd. 15 (1923) S. 80.

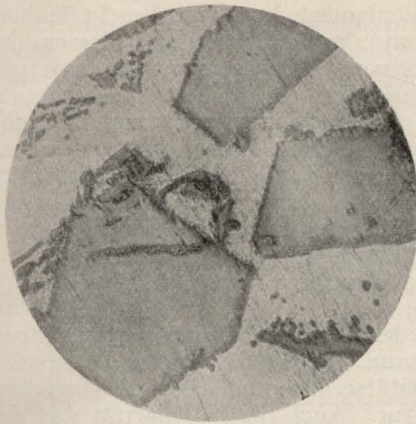


Abb. 2.
Al-Si-Legierung
ohne Natrium-
Zusatz. Charak-
teristische Aus-
scheidung der
groben Silizium-
kristalle.
175 \times vergr.
(250 \times).
Ungeätzt



Abb. 3.
Al-Si-Legierung
unvollkommene
Veredelung
durch zu gerin-
gen Na-Zusatz
100 \times vergr.
(150 \times).
Ungeätzt

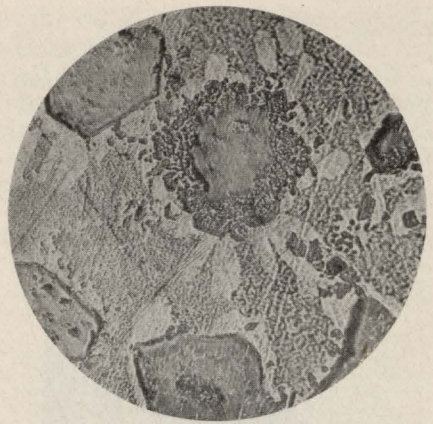


Abb. 4.
Al-Si-Legierung
unvollkommene
Veredelung
100 \times vergr.
(150 \times).
Ungeätzt

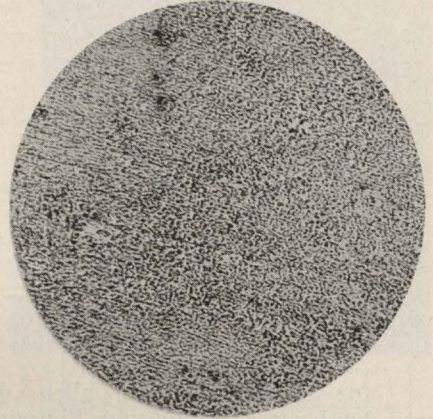


Abb. 5.
Al-Si-Legierung,
vollkommen
veredelt;
Silizium in hoch-
disperser Form
ausgeschieden.
100 \times vergr.
(150 \times).
Ungeätzt

RS111472-5

um die charakteristische Ausscheidungsform der Siliziumkristalle, die aber nicht unbedingt vorhanden zu sein braucht; häufig kann auch Nadel- und Balkenbildung beobachtet werden. Wird nun einer solchen Legierung Natrium in äußerst geringen Mengen, die für eine volle Veredelung nicht ausreichen, zugesetzt, so kann man im Schliffbild beobachten, daß nur ein Teil der Siliziumkristalle eine weitgehende Dispersion erfahren hat, während bei einem anderen der Dispersionsvorgang noch nicht eingesetzt hat. Abb. 3 zeigt dies in anschaulicher Weise. Auch in Abb. 4 kann man an einzelnen groben Siliziumkristallen noch die Unvollständigkeit des Veredlungsvorganges feststellen, während Abb. 5, einem Natriumüberschuß bei der Veredelung entsprechend, das Silizium in durchgehend disperser Form ausgeschieden zeigt.

Man erhält auf Grund dieser Feststellungen einen gewissen Einblick in die Mechanik des Veredlungsvorganges. Freilich ist es trotz alledem hierbei nicht möglich festzustellen, welche Rolle dem Natrium bei der Veredelung nun wirklich zukommt. Als freier Gefügebestandteil tritt es jedenfalls nicht auf und kann als solcher auch nicht identifiziert werden. Es ist daher nach wie vor nicht möglich, die Frage zu entscheiden, ob sich das Natrium als Gefügebestandteil an dem eutektischen Aufbau der Legierung beteiligt, oder ob seine Anwesenheit in Form einer festen Lösung mit dem Aluminium (möglicherweise auch mit dem Silizium) schon genügt, um den Gefügeaufbau so charakteristisch zu beeinflussen.

Alles in allem bleibt die Siluminveredelung noch immer ein mehr oder weniger rätselhafter Vorgang; ist er in der Zusammenwirkung der Legierungsbildner allein zu suchen oder worin sonst besteht sein Wesen? Mit anderen Worten handelt es sich hierbei um ein ternäres Eutektikum oder wird der Vorgang durch

die Beeinflussung der Kristallisationskonstanten durch die Ausbildung von festen Lösungen mit dem Natrium hervorgerufen? Die Entscheidung dieser Frage ist für die zukünftige Metallkunde von großer Bedeutung. Denn nur auf diese Weise wird man das Graining-Verfahren auch auf andere Systeme zielbewußt übertragen können. Der Verfasser neigt mehr zu einer rein physikalischen Erklärung des Vorganges, also Beeinflussung der Kristallisationskonstanten, da eine dem Graining-Verfahren ähnliche Wirkung sich auch durch ein kräftiges Abschrecken der binären Aluminium-Siliziumlegierung erreichen läßt. Dahingegen scheinen auch ternäre und höhere Eutektika ein feinkristallines Gefüge zu ergeben. In allen diesen Fällen kann aber auch die Anteilnahme eines weiteren Gefügebestands in dem Eutektikum nachgewiesen werden.

Es ist auch angenommen worden, daß dem Natrium bei den Silizium-Aluminiumlegierungen die Rolle eines Emulgators zukomme²⁾. Das Natrium soll sich in feinsten Verteilung beim Kristallisieren zwischen den Silizium- und Aluminiumkristallen in Form von dünnen Häutchen verteilen, und auf diese Weise die Dispersion bedingen. Daß diese Anschauung nicht zutreffen kann, beweist allein der Umstand, daß die Aluminiumkristalle bei der Veredelung gar keine Verkleinerung erleiden. Es kann vielmehr ganz im Gegenteil festgestellt werden, daß je kräftiger der Veredlungsvorgang erfolgt, desto größere primäre Aluminiumkristalle auch im Gefüge beobachtet werden können. Hierbei handelt es sich um einen Kristallisationsvorgang im Sinne der „führenden Kristallart“. Umgekehrt wird beim Fehlschlagen der Veredelung stets ein feinkristallines Primärkorn beobachtet.

²⁾ Otani, „Silumin and its structure“, Metal Ind., Bd. 29 (1926) S. 292.

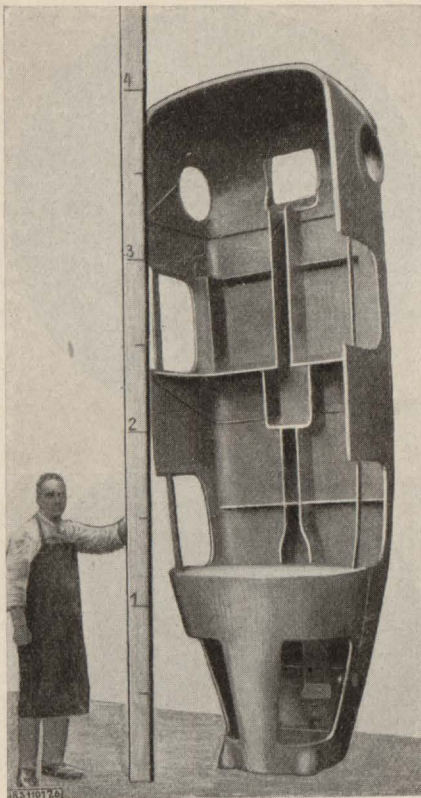


Abb. 6.
In einem Stück
gegossene
Kraftwagen-
karosserie
von 4 m Länge
aus Silumin.

Ganz unabhängig von allen diesen Vorgängen sind durch die Erfindung des Silumins ganz neuartige technologische Zusammenhänge aufgedeckt worden, die für das Gießereiwesen ganz allgemein von Wichtigkeit sein dürften, d. i. die Frage der Gießbarkeit. Macht man sich von den äußerlichen gegenständlichen

Umständen wie Ofenbauart, Formerei, Beschaffenheit der Sande, frei und betrachtet anstatt dessen die Frage der Gießerei vom Gesichtspunkte des Materials aus, so ergibt sich hierbei eine Fülle von Momenten, die von dem Gießereifachmann noch immer nicht genügend beobachtet werden. Es ist schwer, alle diese Gesichtspunkte zu einer Einheit zusammenzufassen, so daß sie sich in einer Formel ausdrücken lassen. Vielleicht trifft das hier gemeinte am besten der Ausdruck „Formfüllungsvermögen“. In diesem Ausdruck sind viele Faktoren eingeschlossen, deren Einzelbetrachtung erst zu der gewünschten Umgrenzung des für den Gießereifachmann so wichtigen Gebietes führen kann. Das sind vor allen Dingen die Fragen des Viskositätsgrades und seiner Abhängigkeit von der Temperatur. Auch die Kapillarität und der Einfluß des spezifischen Gewichtes auf das Formfüllungsvermögen sind kaum des näheren untersucht worden. In diesem Zusammenhange dürfte wohl auch die Oberflächenbeschaffenheit des Gusses zu behandeln sein. Sie ist nicht nur abhängig von der Körnigkeit und der Beschaffenheit der Formsande, sondern steht darüber hinaus auch noch in einem ganz bestimmten Zusammenhange mit den einzelnen Metall- und Legierungstypen; alles gießereitechnische Fragen, über deren Zusammenhang nur Ahnungen und Vermutungen bestehen. Daß die Entwicklung der neuesten Metallkunde an diesen Fragen nicht Halt machen darf, lehren die bei der Verwendung des Silumins gewonnenen Erfahrungen. Das Formfüllungsvermögen steht bei dieser Legierung ganz obenan. Welche Leistungen in dieser Hinsicht vollbracht werden können, lehrt in anschaulicher Weise die Abb. 6, die eine in einem Stück gegossene Auto-karosserie in dem stattlichen Ausmaß von etwa 4 m Länge wiedergibt. [RS 1114]

Eingegangen 18. Dezember 1926.

Scleron und Aeron

Von Dr. E. Scheuer, Frankfurt a. M.

Die Legierung Scleron¹⁾ ist eine vergütbare Aluminiumlegierung, die nach Zusammensetzung und mechanischen Eigenschaften etwas von den übrigen Legierungen abweicht. Die Zusammensetzung des Werkstoffes ist gekennzeichnet durch die Verwendung kleiner Mengen des Alkalimetalles Lithium, das ähnlich dem Magnesium im Duralumin die Eigenschaft der thermischen Vergütbarkeit bedingt.

Aeron¹⁾ gehört zu der Gruppe der vergütbaren Aluminium-Kupferlegierungen, die unter verschiedenen Namen in Amerika, Frankreich und Deutschland bekannt sind.

Für den Konstrukteur sind in erster Linie die

¹⁾ Leichtmetall der Metallbank und Metallurgischen Gesellschaft Akt. Ges., Frankfurt a. M.

mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe von Bedeutung. In Zahlentafel 1 sind die Ergebnisse der üblichen mechanischen Prüfungsverfahren zusammengestellt. Da es sich um härtbare Legierungen handelt, sind bei jeder Legierung mehrere durch die thermische Behandlung gekennzeichnete Gütegrade zu unterscheiden. Für die Konstruktion kommt vor allem das vergütete (harte und manchmal auch halbharte) Material in Frage: Weiches Material wird fast ausschließlich bei starker Formgebung im kalten oder warmen Zustand verwendet; nach beendiger Formgebung muß man in diesem Falle das Material durch Wärmebehandlung härten, um ihm die günstigen mechanischen Eigenschaften zu verleihen.

Aus der Zahlentafel 1 ergibt sich folgendes:

Zahlentafel 1. Mechanische Eigenschaften von Scleron und Aeron.

Eigenschaften	Scleron		Aeron		
	vergütet (hart)	geglüht (weich)	vergütet (hart)	abgeschreckt (halbhart)	geglüht (weich)
Zugfestigkeit	kg/mm ²				
Bruchdehnung	%				
Einschnürung	%				
Härte nach Brinell	kg/mm ²				
Biegung r = 10 d					
Tiefziehprobe nach Erichsen (Blechdicke rd. 1 mm)	mm				
Elastizitätsmodul	kg/mm ²				
Streckgrenze (0,2 % bl. Dehnung) . . .	kg/mm ²				
Elastizitätsgrenze (0,001 % bl. Dehnung) kg/mm ²					
	40 bis 50	30	36 bis 42	30 bis 35	22 bis 25
	10 „ 15	15 bis 20	18 „ 25	18 „ 25	18 „ 25
	20 „ 30	—	30 „ 40	—	—
	100 „ 120	65 bis 75	90 „ 110	70 bis 80	50 bis 55
	2 „ 3	—	10 „ 12	—	—
	4 „ 5	—	7 „ 8	8 bis 10	—
	720 000	—	—	700 000	—
	30	—	20 bis 24	18 bis 22	—
	18 bis 20	—	12	—	—