

GIESSEREI-ZEITUNG

Zeitschrift für das gesamte Gießereiwesen

Organ des Vereins Deutscher Gießereifachleute (E.V.)
Organ des Gesamtverbandes Deutscher Metallgießereien

No. 3332

Klasse

Standort

Verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. Iustus Schmauser, Vorstandsmitglied des Vereins Deutscher Gießereifachleute,

24. Jahrg. Nr. 1

Verlag Rudolf Mosse, Berlin SW 19

1. Januar 1927

Die Zeitschrift erscheint Anfang und Mitte jeden Monats. Zu beziehen durch die Post monatlich zum Preise von 2,50 Goldmark oder gegen Einsendung des Betrages an den Verlag der Gießerei-Zeitung, Berlin SW, Jerusalemstraße 46—49 (Postcheckkonto 324, Berlin NW 7). Jahrespreise für das Ausland: Belgien 56 Blg., Dänemark 36 Kronen, Frankreich 240 Francs, Großbritannien 32 sh., Holland 20 fl., Italien 180 Lire, Japan 16 Yen, Luxemburg 240 Francs, Norwegen 36 Kronen, Oesterreich 48 S., Polen 40 Schweizer Franken, Rumänien 1400 Lei, Rußland 40 Schweizer Franken, Schweden 30 Kronen, Schweiz 40 Franken, Spanien 50 Pesetas, Tschechoslowakei 260 Kronen, Vereinigte Staaten 8 Dollar. Alle Zuschriften in redaktionellen Angelegenheiten sind zu richten an die „Schriftleitung der Gießerei-Zeitung, Berlin SW 19“ (Fernsprecher Dönhoff 3440—3455). — Anzeigenpreis für die sechsgespaltene Zeile nach Rudolf Mosses Normalzeilenmesser Nr. 4 0,30 Goldmark. Alleinige Inseratenannahme: Annoncen-Expedition Rudolf Mosse, Berlin SW, Bielefeld, Bremen, Breslau, Chemnitz, Dresden, Düsseldorf, Frankfurt a. M., Halle a. d. S., Hamburg, Hannover, Karlsruhe, Köln a. Rh., Leipzig, Magdeburg, Mannheim, München, Nürnberg, Stuttgart, Amsterdam, Barcelona, Basel, Belgrad, Budapest, Bukarest, London, Mailand, Prag, Warschau, Wien, Zürich.

INHALT:

Der Gefügebau der Metalle und seine Bedeutung für den Gießereibetrieb. Von Oberingenieur J. Czochralski in Frankfurt a. M. S. 1
Zuschriften an die Schriftleitung S. 13
Die Desoxydation des Kupfers während des Schweißens S. 14
Umschau S. 15

Patentschau S. 19
Zeitschriftenschau S. 21
Bücherschau S. 23
Aus anderen Vereinen S. 25
Nachrichten aus der Industrie S. 26
Vereins-Nachrichten S. 27

Der Gefügebau der Metalle und seine Bedeutung für den Gießereibetrieb.

Von Oberingenieur J. Czochralski in Frankfurt a. M.

Vorkommen, spezifisches Gewicht, Bearbeitbarkeit, Gießbarkeit und die mechanischen Eigenschaften in ihrer Temperaturbeziehung sind die maßgebenden Kennzeichen für die technische Verwendbarkeit eines Metalls bzw. einer Legierung. Das Gefügebild, die Erstarrungsvorgänge, Gaslöslichkeit und anderes mehr bestimmen die spezielle Anwendung, Behandlung und das Verhalten eines Metalls. In welcher Weise diese Bedingungen ineinanderspielen, wird an Hand der nachstehenden Beispiele zu zeigen versucht.

Ehe man ein Metall oder eine Legierung auf die Brauchbarkeit für einen besonderen Zweck einer näheren Prüfung unterzieht, müssen gewisse Voraussetzungen von vornherein erfüllt sein. Diese Voraussetzungen können teils das Vorkommen betreffen, teils das Raumgewicht, teils die Bearbeitbarkeit, die Gießfähigkeit und vielleicht noch die übrigen sinnfälligen physikalischen Eigenschaften.

Das Vorkommen eines Metalls ist mit der wichtigste Faktor, der die Verwendungsmöglichkeit eines Metalles in den meisten Fällen entscheidet. Die in Abb. 2 wiedergegebene graphische Darstellung gibt die prozentuale Verteilung der Elemente in der Erdkruste. Dieser Darstellung ist die interessante Tatsache zu entnehmen, daß den Elementen Sauerstoff und Silizium der weitaus größte Anteil an dem Aufbau der Erdkruste zukommt, und zwar beteiligen sich diese beiden Elemente mit etwas über 75 %. Das Eisen ist durchaus nicht das rangfolgende Metall, sondern es räumt vielmehr diese Stelle dem Aluminium ein. Berücksichtigt man weiter, daß das spezifische Gewicht des Aluminiums nur etwa ein Drittel des Eisens ist, so ergibt sich hieraus die schlagende Ueberlegenheit des Aluminiums in bezug auf sein Vorkommen. Die räumliche Anteiligkeit des Aluminiums eröffnet ganz neue technische Perspektiven und zweifellos wird dieses Metall im Kampf mit dem Eisen dereinst eine entscheidende Rolle spielen. Die Aluminiumlegierungen können heute noch gewissermaßen als neu gebacken bezeichnet werden, aber auf dem Wege ihrer Entwicklung ist bereits eine große Strecke zurückgelegt worden. Der findige Geist einiger vorkämpfender Forscher auf diesem Gebiete hat es verstanden, durch Legieren und nachträgliche Härtung (ähnlich der des Stahls) Qualitäts- und Edellegerungen zu erzeugen, die sich bereits in manchem Falle als berufen erwiesen haben, Eisen und Stahllegierungen aus dem Felde zu schlagen. Es wäre verfrüht, heute über den Ausgang des Kampfes zwischen Eisen und Aluminium etwas aussagen zu wollen, da hierüber einzig und allein nur die Zweckmäßigkeitsgründe zu entscheiden haben werden. Die technische Entwicklung wird für beide Metalle hinreichende Anwendungsgebiete erschließen; man wird freilich noch

lernen müssen, die charakteristischen Vorteile der in den Eigenschaften so außerordentlich verschiedenen Baustoffe auf ihre Weise zu schätzen und restlos auszunutzen. Das Eisen ist in bezug auf den hohen Elastizitätsmodul der Riese unter den Metallen. Dahingegen sind die veredelten Aluminiumlegierungen im Verhältnis zum Eisen beinahe schon masselos und gehorchen als Baustoff ganz anderen Gesetzen als das Eisen.

Man sollte glauben, daß Metalle wie Kupfer, Zink und Blei nach dem Eisen am meisten verbreitet sind; ihrer Stellung nach als Gebrauchsgegenstand im täglichen Leben trifft dies auch zu, ihrem Vorkommen nach werden sie aber durch das Magnesium aus dem Felde geschlagen. Auch dieses Metall ist technologisch äußerst interessant, und im Reiche der unerschöpflichen Naturgesetze wird es uns noch manche Ueberraschungen bringen. Bei Magnesium ist es noch besonders die Frage der Beständigkeit, die die künftige Forschung in großem Umfange zu beschäftigen haben wird. Zwischen den Metallen Kupfer, Zink und Blei einerseits und dem Magnesium andererseits steht das dem Eisen verwandte Titan, das nur deswegen technologisch so geringe Anwendung gefunden hat, weil es im Schatten des Titanen Eisen steht. Vielleicht wird aber auch dieses Metall noch einmal zu seinem Rechte kommen.

Die Metalle Kupfer und Blei, denen auch noch das Zinn zuzuzählen ist, haben ihre Glanzzeit vielleicht bereits hinter sich. Die Natur hat sie dem Menschen gewissermaßen fertig in den Schoß gelegt, damit er an diesen metallurgisch verhältnismäßig einfachen Metallen seinen Anlauf zu der hüttenmännischen Wissenschaft nehmen konnte. Sie werden aber trotzdem neben den Metallen Nickel, Silber und Gold wohl auch in der ferneren Zukunft eine immerhin angemessene Rolle spielen.

Unter diesen Großen irrtümlicherweise einige seltene Metalle, über deren Zukunft wohl dieser und jener Forscher so seine Gedanken haben mag.

Aber auch das Raumgewicht kann in vielen Fällen über die Verwendung der Metalle entscheidend mitbestimmen, denn es ist nicht gleichgültig, ob wir auf die Dauer geringe oder große Massengewichte zu befördern haben. Mit der

Linke-Neubauer-Werke
Aktiengesellschaft
Werk Breslau

Vervollkommenung der technischen Kraftversorgung hat man es nach und nach aus der Jahresbilanz erfahren, daß Kraft Geld kostet und daß durch Herabsetzung des Massengewichtes auch die Ausgaben für die Kraftaufwände sich wesentlich verringern lassen. Aber alle technologisch bedeuten große Massengewichte häufig eine überflüssige Beanspruchung von Konstruktionsteilen, so daß durch die Verringerung der Massengewichte meist auch ein technischer Fortschritt erreicht wird, ganz abgesehen von den Ersparnissen im Umschlagverkehr. Abb. 1 illustriert die Massengewichtsverhältnisse für eine Aluminium-Silizium-Legierung im Vergleich zum Rotguß.

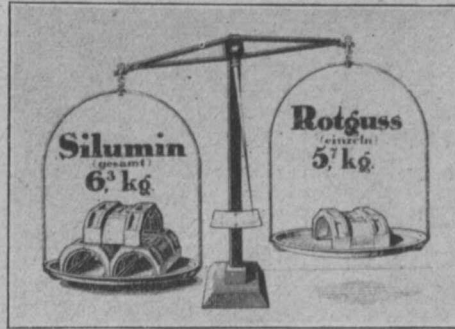


Abb. 1. Vergleich der Massengewichtsverhältnisse von Silumin und Rotguß.

Sehr instruktiv ist die leichtere bzw. schwierigere Art der Schnittbearbeitung von Grauguß, Rotguß und Elektronmetall in der Abb. 3 zusammengestellt. Während es bei Elektronmetall möglich war, das Werkgut nach einer

Elektronmetall bietet in dieser Beziehung typische Beispiele. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der veredelten Aluminiumlegierung, die unter dem Namen „Skleronmetall“ bekannt und vielfach in Anwendung ist.

Neben dem Vorkommen, dem Massengewicht und der besseren oder schlechteren Bearbeitbarkeit ist es die Gießarbeit, die über die wirtschaftliche Verwendbarkeit eines Metalles oder einer Legierung bestimmend entscheidet. Es ist bekannt, daß die meisten Reinforme als Gußmetall ungeeignet sind, sofern aus ihnen irgendwie komplizierte Formstücke hergestellt werden sollen. Reinaluminium und Reinkupfer sind in dieser Beziehung als unbehagliche Beispiele gut bekannt. Es ist schwierig, die Metalle auf ihre Gießbarkeit hin genau zu prüfen. Die rein wissenschaftlichen Prüfungsmethoden sind nur wenig durchgebildet und so muß man sich heute mit einer technologi-

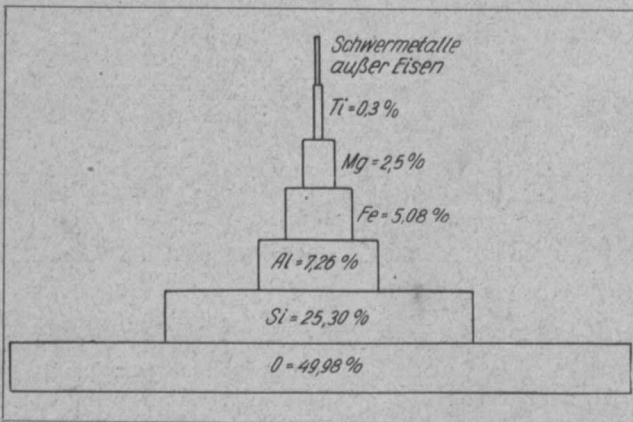


Abb. 2. Graphische Darstellung der prozentualen Verteilung der Elemente in der Erdkruste.

Schnittdauer von 15 Minuten fast völlig zu zerspanen, sind bei Grauguß und Rotguß etwa nur die halben Leistungen

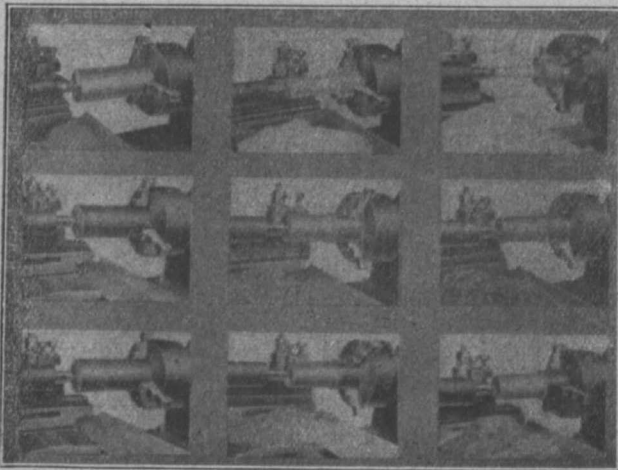


Abb. 3. Vergleichende Darstellung der Bearbeitbarkeit von Grauguß, Rotguß und Elektronmetall.

erzielt worden. Vielfach können die Fragen der Bearbeitung so einschneidend die Preiskalkulation beeinflussen, daß man trotz Verwendung von teurerem Ausgangsmaterial ein und dasselbe Stück wohlfeiler erzeugen kann. Das

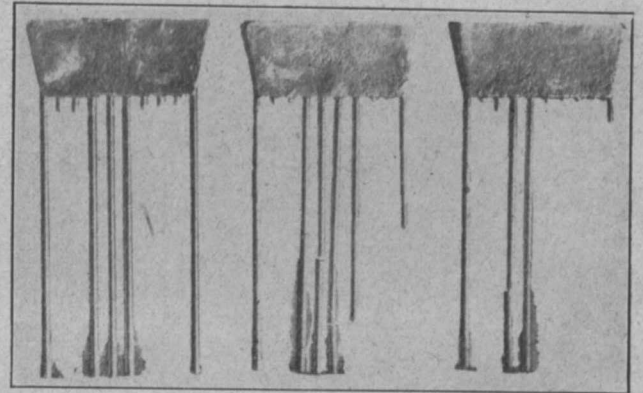


Abb. 4. Miniaturgußstäbe verschiedener Aluminiumlegierungen:

1. Aluminium-Silizium-Legierung.
2. Aluminiumlegierung mit 8 % Zink und 2 % Kupfer.
3. Aluminiumlegierung mit 8 % Kupfer.

schen Probe begnügen. Abb. 4 zeigt Miniaturgußstäbe. Die Probe 1 entspricht einer Aluminium-Silizium-Legierung mit rund 13 % Silizium (Silumin), die Probe 2 der deutschen Aluminiumlegierung mit 8 % Zink und 2 % Kupfer, die Probe 3 der amerikanischen Aluminiumlegierung mit einem Kupfer-

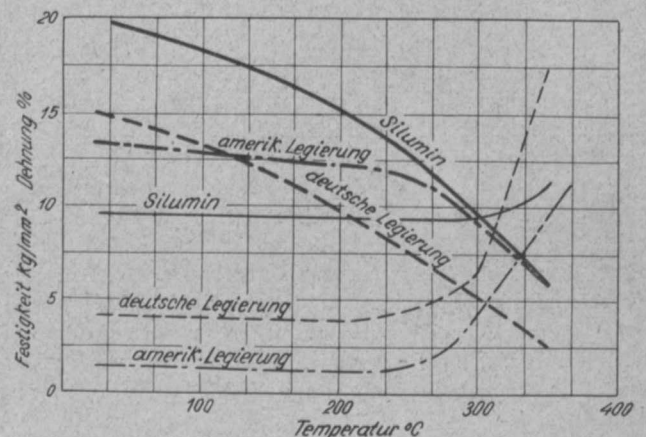


Abb. 5. Warmfestigkeit und Dehnung von Aluminiumgußlegierungen.

gehalt von 8 %. Die Gießbarkeit von Probe 1 und 2 ist annähernd die gleiche. Man kann dies dadurch feststellen, daß man die Länge der einzelnen Gußstäbchen mißt und summiert. Die amerikanische Legierung (Probe 3) zeigt

um etwa 30 % geringere Gießfähigkeit. Es ist noch ein weiterer Umstand bemerkenswert, den man aus diesem

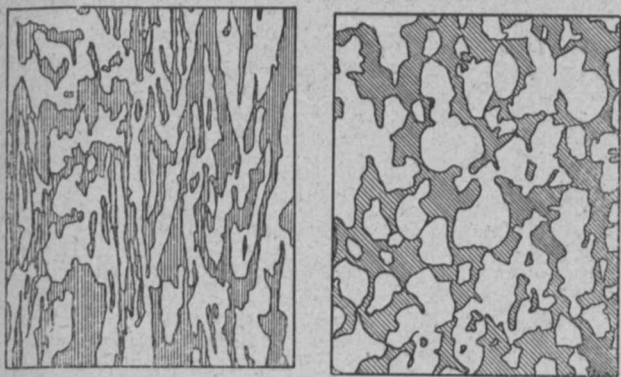


Abb. 6. Schematische Darstellung von Alpha-Beta-Messing. Hell: Alpha-Kristalle, dunkel: Beta-Kristalle.

Versuch entnehmen kann. Bei Probe 2 und 3 sind die Stäbchen bei der Erstarrung wiederholt gerissen; dies beweist, daß die beiden Legierungen im warmen Zustand weniger fest und gegen Längenänderungen empfindlich sind, während Silumin in dieser Beziehung sich durch große Unempfindlichkeit auszeichnet. Diese leicht auszuführende technologische Prüfung ermöglicht so einen tieferen Einblick

in das Verhalten eines Metalls oder einer Legierung nicht nur in bezug auf die Gießbarkeit, sondern sie gibt auch Aufschluß über das weitere Verhalten des Metalls beim Erkalten, insbesondere über die Warmsprödigkeit.

Zu den Voraussetzungen, über die bereits vor der Verwendung des Metalls völlige Klarheit bestehen muß, gehört auch die Kenntnis der Eigenschaften in

der Wärme. Der Ingenieur und Techniker pflegt in der Regel noch viel zu wenig diesen Umständen Rechnung zu tragen. Findet eine Legierung bei höheren Arbeitstemperaturen Verwendung, so können sich leicht Widersprüche zwischen dem Verhalten und den ursprünglich geprüften

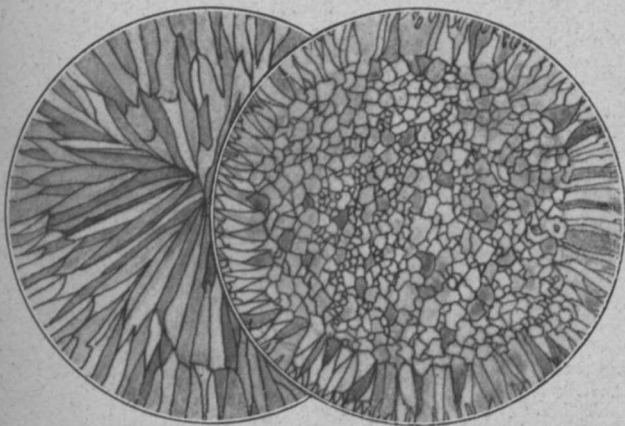


Abb. 8. Schematische Darstellung des Gefügeaufbaus zweier Aluminiumbronzearrhen. Rechts: Nadlige Kristallausbildung nur am Rande; links: Nadliges Gefüge bis ins Innere.

Eigenschaften ergeben. Das Eisen und die Eisenlegierungen sind bis zu den Temperaturen von 500° die wärmebeständigsten Metalle überhaupt. Bei allen übrigen techni-

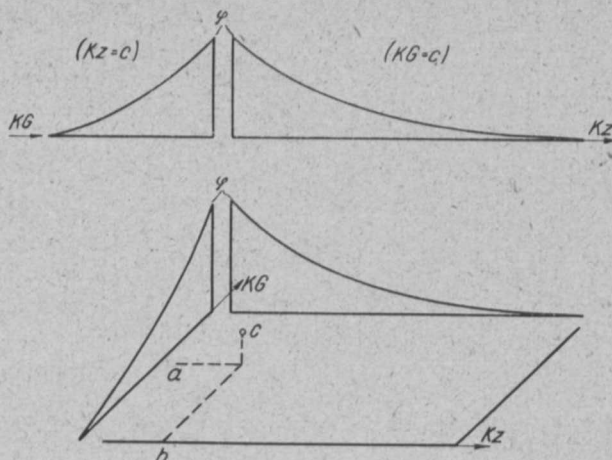


Abb. 9. Beziehungen von Kristallisationsgeschwindigkeit und Kernzahl zur Korngröße.

schen Metallen liegt die kritische Grenze wesentlich niedriger. Arbeitstemperaturen von mehreren hundert Gradern können ihre Eigenschaften bereits einschneidend ver-

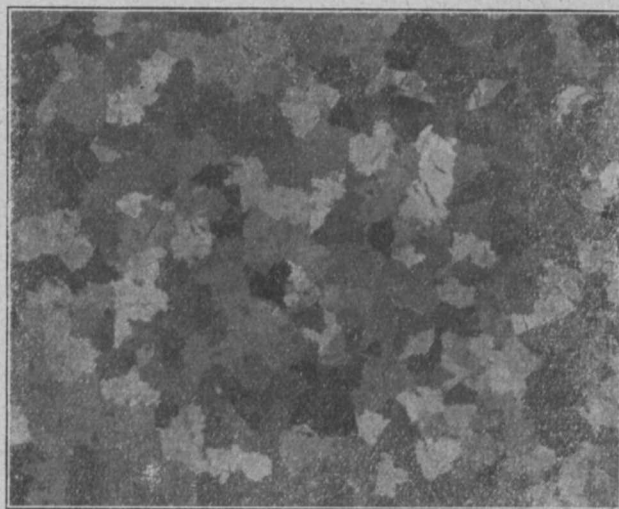
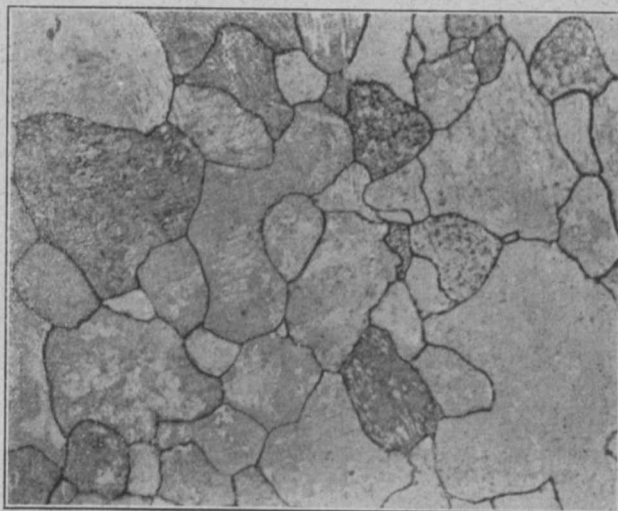


Abb. 10. Oben: Reines Eisen, Kristallgrenzenätzung (nach Guertler); Unten: Gußaluminium, Kristallfelderätzung, geätzt mit Flußsäure, Salzsäure.

ändern. Das Verhalten der wichtigsten Aluminiumgußlegierungen ist in Abb. 5 wiedergegeben. Die deutsche Legierung ist in dieser Beziehung am empfindlichsten; ihr folgt die amerikanische Legierung und alsdann das Silumin.

Bevor man also über die besonderen mechanischen Eigenschaften eines Metalls oder einer Legierung eingehende Untersuchungen anstellt, wird man gut tun, sich ein Bild über alle diese wirtschaftlichen und technologischen Voraussetzungen zu verschaffen. Jetzt erst wird sich der

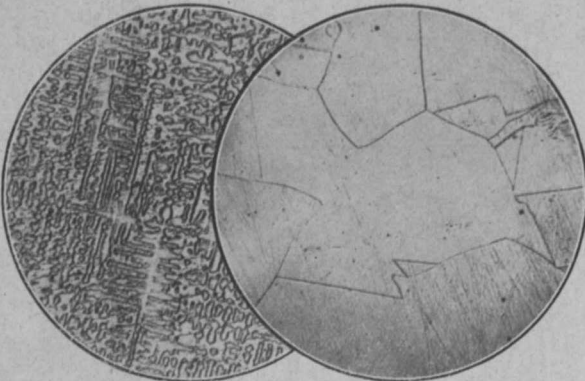


Abb. 11. Links: Dendritisch erstarrter Rotguß. Lineare Vergrößerung 50 ×. Rechts: Durch Glühen homogener Rotguß, geätzt mit ammoniakgetränktem Wattebausch. Lineare Vergrößerung 250 ×.

Gießereifachmann den engeren Fragen, die mit dem Aufbau und der Beschaffenheit seiner Erzeugnisse in Verbindung stehen, zuwenden können, die recht mannigfaltiger Natur sein können. Was ist denn nun eigentlich das Wesen eines Metalles oder einer Legierung? Daß die Metalle aus Kristallen bestehen, hatte man nachgerade zum Ueberdruß

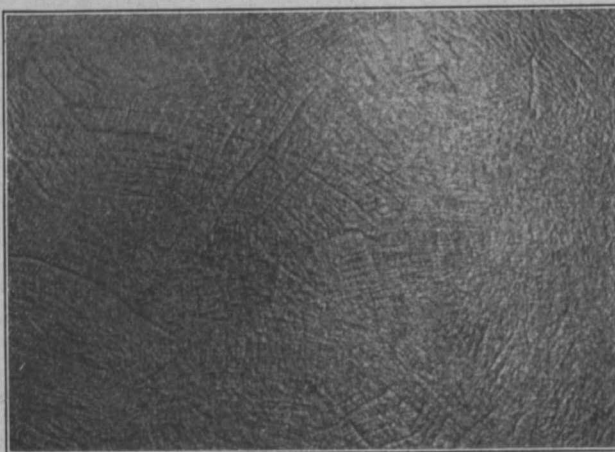
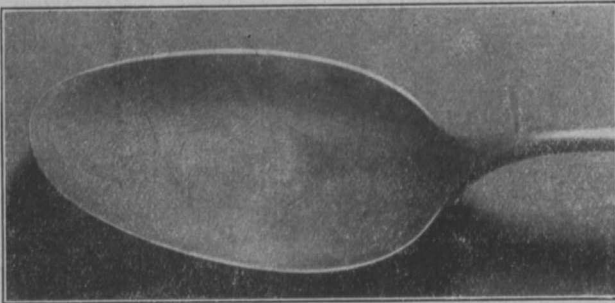


Abb. 12. a) Dendritische Kristallausbildung an der Innenfläche eines Löffels, ungeätzt. Etwa natürliche Größe. b) Desgleichen, stärker vergrößert. Lineare Vergrößerung 5 ×.

hören müssen, und dennoch ist mancher Fernerstehende hiervon nicht in vollem Maße überzeugt. Kristall ist für seine Begriffe spröde und die Metalle sind im Gegensatz zu diesem außerordentlich knetbar und duktil. Das ist es aber eben, worin der Unterschied zwischen den spröden Mineral- und den plastischen Metallkristallen besteht. Dieser Unterschied ist aber nur ein scheinbarer; denn es gibt hierin alle

möglichen Uebergänge, sowohl halbplastische Kristalle unter den Mineralien (z. B. Gipskristalle) und fast glas-spröde Metallkristalle, z. B. die des Arsens und des Antimons. Es besteht also ein mehr oder weniger abgestufter Uebergang der Eigenschaften, obwohl in der Tat die typischen Mineralkristalle meist spröde und die charakteristischen Metallkristalle eben in den meisten Fällen sehr duktil sind. Nicht nur die duktilen Metallkristalle, sondern auch die halbplastischen Mineralkristalle besitzen Vorrichtungen, die ihnen die besondere Eigenschaft der Knetbarkeit verleihen, und diese Vorrichtungen sind bei den halbplastischen Mineralkristallen die sogenannten Gleitebenen, die eine Verschiebung der Teilchen oder eine äußerliche Zerstörung der Materie gestatten, während bei den sehr bildsamen Metallkristallen diese Gleitebenen so weitgehend ausgebildet sind, daß

eine mehr kontinuierliche Verschiebung der kleinsten Teilchen an allen Massenpunkten und eine gleichzeitige Verschiebung der kleinsten Teilchen an allen Punkten des Querschnittes erfolgen, so daß der gesamte Gitteraufbau mehr oder weniger stark erschüttert wird. Die Mineralkristalle und die Metallkristalle sind also mehr dem Grade als der Art der Gleitvorgänge nach verschieden.

Daß es sich bei den Metallen um Haufwerke von Einzelkristallen handelt, beweisen sehr zahlreiche Umstände. Wir finden bei ihnen dieselben Wachstumserscheinungen in



Abb. 13. Geseigertes Einheitsmetall, geätzt mit heißer H_2SO_4 , 1:1. Lineare Vergrößerung 50 ×.

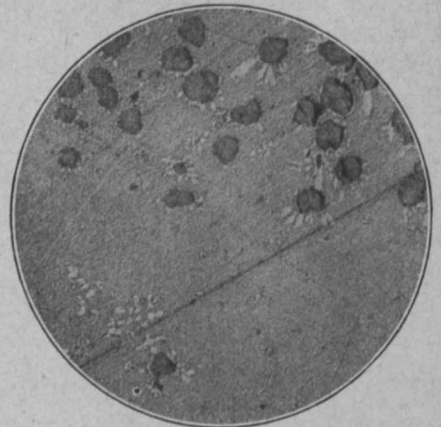


Abb. 14. Oertliche Entmischungen an einer entedelten Aluminium-Silizium-Legierung, ungeätzt. Lineare Vergrößerung 40 ×.

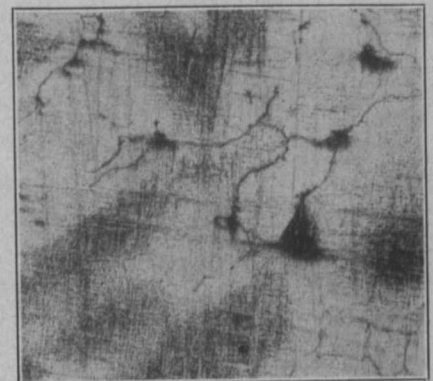


Abb. 15. Fadenartige Hohlräume in Rotguß, geätzt mit ammoniakgetränktem Wattebausch. Lineare Vergrößerung 150 ×.

Wir finden bei ihnen dieselben Wachstumserscheinungen in

bezug auf die Kristallisationsart und die Kristallisationsgeschwindigkeit, dieselben Aetzerscheinungen, denselben Aufbau und dieselben optischen Äußerungen, wie dies auch bei den Mineralkristallen der Fall ist. Ueber die inneren Vorgänge beim Erstarren läßt sich kurz folgendes sagen: Wird eine Metallschmelze sich selbst überlassen, so werden sich, nachdem eine Abkühlung auf die Schmelztemperatur erfolgt ist, unmittelbar zunächst unterhalb der mikroskopischen Sichtbarkeit liegende Kristallkeime bilden, die allmählich zu immer größeren Komplexen anwachsen. Dieser Vorgang kann bei den Metallen zwar nicht sichtbar gemacht werden, dahingegen ist er bei

durchsichtigen Salzschnitten sehr leicht zu beobachten. Dies veranschaulicht Abb. 7. Die in dem Bild schematisch wiedergegebenen Kristallkeime haben meist schon eine längere Wachstumsperiode hinter sich. Es ist

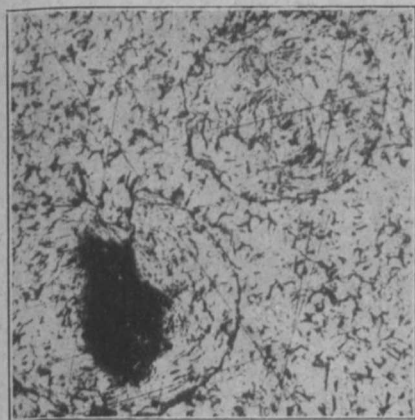


Abb. 16. Bei der Schliifherstellung verschlossene Hohlräume in Aluminium, geätzt mit Flußsäure/Salzsäure. Lineare Vergrößerung 50 ×.

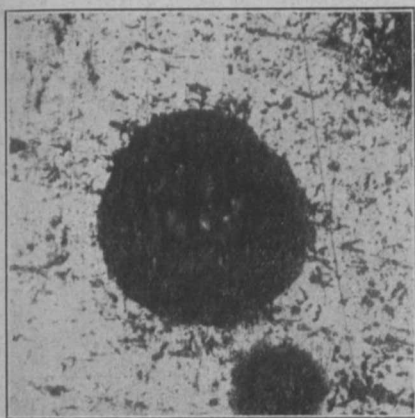


Abb. 17. Die gleiche Probe nach Entfernen des Feilgrades. Geätzt mit Flußsäure/Salzsäure. Etwa $\frac{1}{4}$ natürlicher Größe.

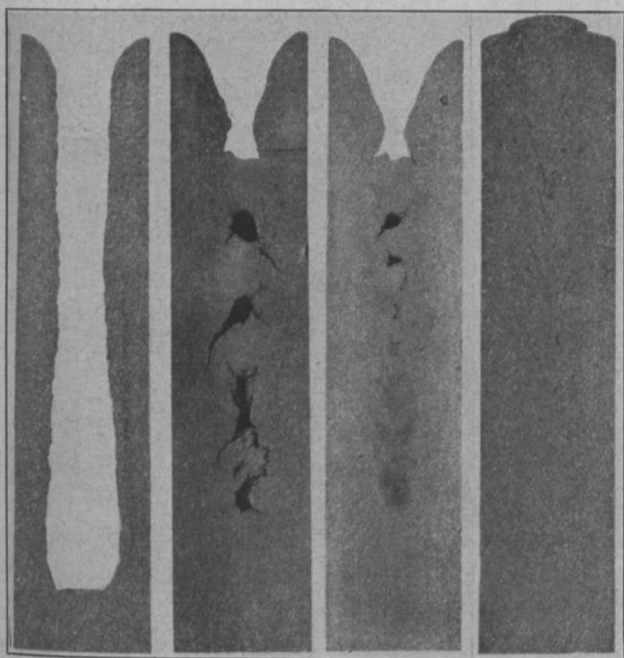


Abb. 18. Lunkerräume in Aluminiumgußblöcken. Block 1: Nach Beginn der Erstarrung durch Ausstürzen entleert. Block 2: Der freien Erstarrung überlassen. Block 3: Desgleichen, Fußende gekühlt. Block 4: Zweckmäßig gegossener, fast lunkerfreier Aluminiumgußblock, geätzt mit Flußsäure/Salzsäure.

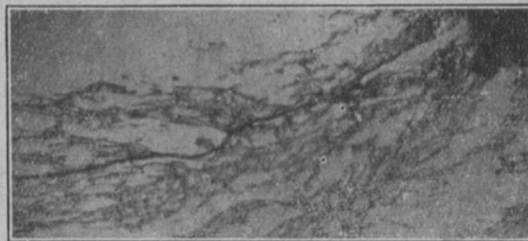


Abb. 19. Aluminiumbronzebarren mit Tonerdehäuten, ungeätzt. Lineare Vergrößerung 800 ×.

ohne weiteres verständlich, daß der unten rechts liegende längliche Kristall eine längere Wachstumsperiode hinter

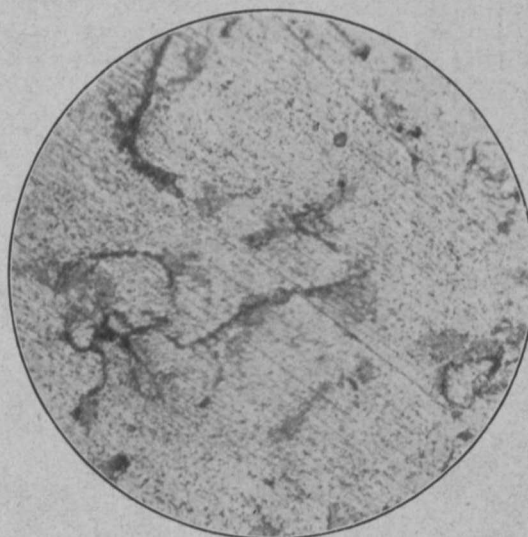


Abb. 20. Tonerdeeingüsse in Aluminium, ungeätzt.

sich hat als die kleinen, runden Kristallindividuen. Die Keime wachsen von diesen Zentren aus weiter fort, so-

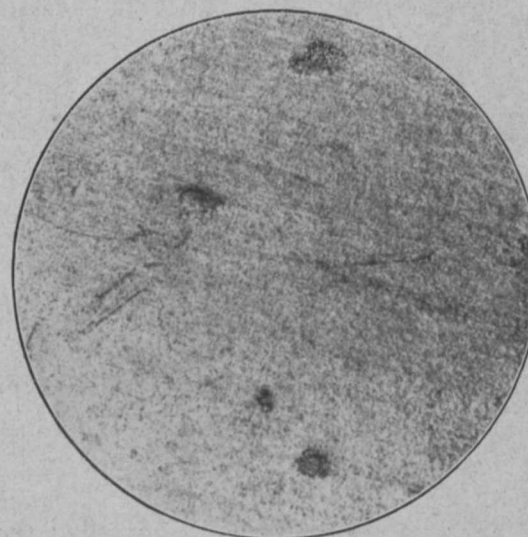


Abb. 21. Aluminiumblech mit Oberflächenfehlern, ungeätzt. Etwa $\frac{1}{4}$ natürlicher Größe.

lange sich in der Schmelze noch Raum zu ihrer Bildung vorfindet; es ist ebenso verständlich, daß sie zu irgendeinem Zeitpunkt mit Nachbarn zusammenstoßen und so das

Wachstum ein Ende findet. In dem Wachstumsbestreben werden die Kristallskelette in jede Lücke, in der sich noch flüssige Schmelze befindet, vordringen. Auf diese Weise entstehen zackige polygonale Formen, wie sie Abb. 10

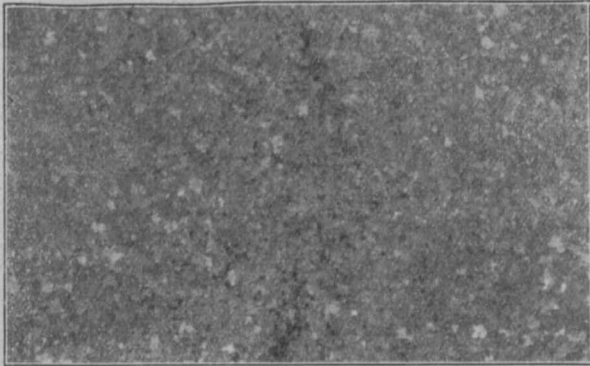


Abb. 22. Aluminiumgußblock mit lunkerreicher Mittelzone, geätzt mit Flußsäure/Salzsäure. Lineare Vergrößerung 5×.

zum Ausdruck bringt. Das obere Bild gibt das Gefüge von Weicheisen wieder, während das untere dasjenige von Reinaluminium veranschaulicht. Die Verschiedenheit in der Färbung der Körner ist nur auf unterschiedlichen Angriff des Aetzmittels zurückzuführen. Der Aetzvorgang kann entweder so geleitet werden, daß in der Hauptsache nur die Begrenzungslinien oder aber die einzelnen Kristallfelder durch das Aetzen im Schliffbild erscheinen. Die erste Art der Aetzung wird als Korngrenzenätzung, die zweite als Kristallfelderätzung bezeichnet. Uebrigens kann auf Grund der Kristallfelderätzung nach einem besonderen Reflexions-

mittel differenziert und sichtbar werden. Abb. 6 veranschaulicht dies schematisch für die schiedbaren Messing-sorten. Die helle Kristallart sind Alphamessing-, die dunkle Betamessingkristalle. Das linke Bild zeigt eine be-

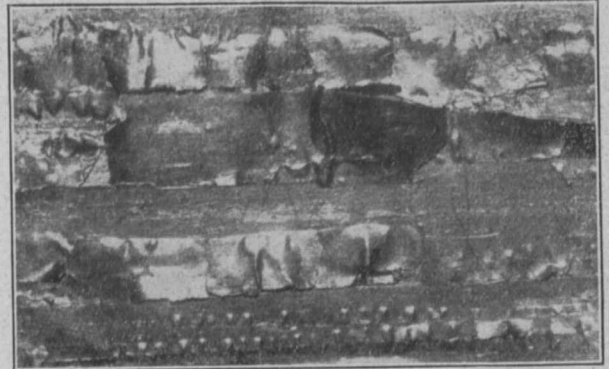


Abb. 24. Der in Abb. 31 dargestellte Block, ausgewalzt auf 1 mm, mit groben, oberflächlichen Abschieferungen, ungeätzt.

sondere Ausbildungsform der Alpha- und Beta-Kristalle; beide Kristallarten erscheinen gestreckt. Noch stärker ausgebildet ist der nadelige Aufbau bei den in Abb. 8 ebenfalls schematisch wiedergegebenen Aluminiumbronzebarren; während der rechte nur am Rand nadelige Ausbildung zeigt, erstrecken sich bei dem in der linken Abbildung wiedergegebenen Barren die Nadeln bis in den Kern des Barrens. Es ist aber eine häufig beobachtete Erscheinung, daß an sich Kristalle, die in allen Achsenrichtungen gleiche Wachstumsgeschwindigkeit haben, unter besonderen Umständen nadelige Formen annehmen können, was noch des näheren zu erörtern sein wird. Die Geschwindigkeit des Wachstums ist zeitlich begrenzt. Sie läßt sich auf einfache Weise in erster Annäherung bestimmen²⁾. Das Verfahren beruht im wesentlichen darauf, daß man einen Metallfaden aus der in einem Tiegel befindlichen Metallschmelze an einem von einem Uhrwerk bewegten Mitnehmer vorsichtig herauszieht. Der durch die Kapillarkraft angehobene Metallfaden erstarrt unter dem Einfluß der Luftkühlung. An dem auf diese Weise gebildeten Kristallkern kristallisieren immer neue Teilchen der Schmelze an, so daß man bei kontinuierlichem Herausziehen des Fadens homogene Einkristalle des betreffenden Metalles erhält. Bei einer bestimmten Geschwindigkeit lassen sich gleichförmige Einkristalle aus der Schmelze ziehen. Diese Geschwindigkeit entspricht angenähert der Kristallisationsgeschwindigkeit. Sie beträgt bei den Metallen Zinn, Zink und Blei, wie nach-

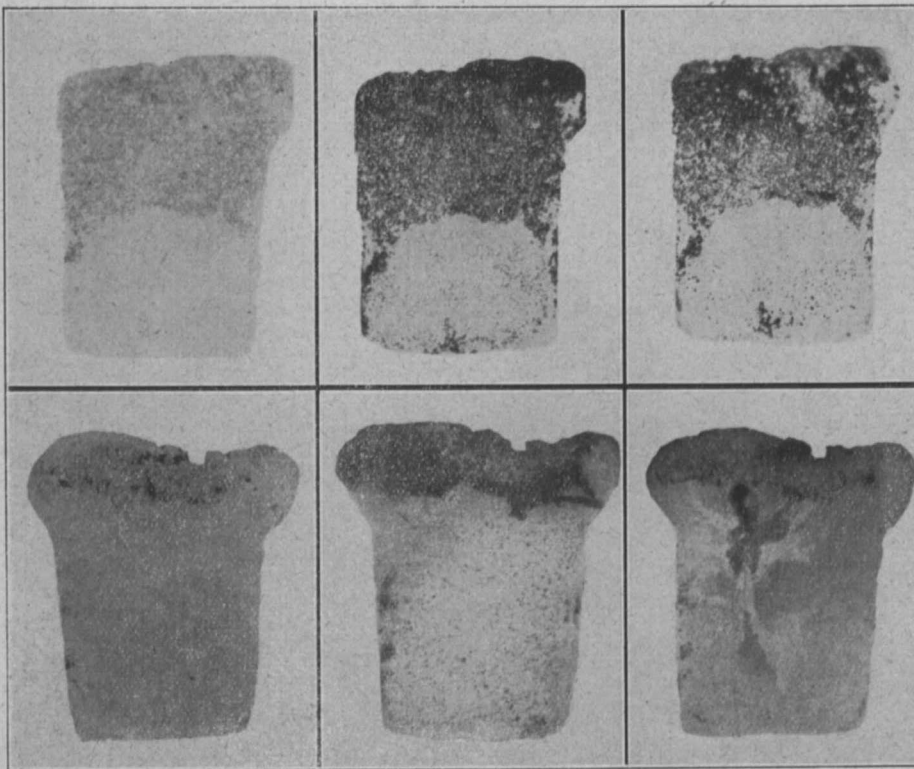


Abb. 23. Kontaktätzabzüge von Phosphor- und schwefelhaltigen Aluminiumproben. Lineare Vergrößerung 10×.

verfahren auch die Orientierung der einzelnen Kristalle im Haufwerk unschwer bestimmt werden¹⁾. Liegen in einer Legierung zwei oder mehr Gefügebestandteile vor, so können sie in den meisten Fällen durch geeignete Aetz-

stehende Zahlentafel zeigt, 90, 100 und 140 mm in der Minute, während die nach einem Umrechnungsverfahren ermittelte Anzahl der Keime, die sich im Kubikzentimeter in der Minute bilden, 9, 10 und $3\frac{1}{2}$ erreicht. Die minutliche Zahl

¹⁾ „Zeitschrift für anorganische Chemie“ 1925, Nr. 144, S. 131.

²⁾ „Gießerei-Zeitung“ 1921, S. 87.

der Kristallkeime in der Volumeneinheit wird in der Regel³⁾ mit KZ (Kernzahl) bezeichnet. Die beiden Größen

Kernzahl die Kristallisationsgeschwindigkeit ist, bzw. je kleiner bei konstanter Kristallisationsgeschwindigkeit die Kernzahl ist. Aus den beiden oberen Teildiagrammen er-

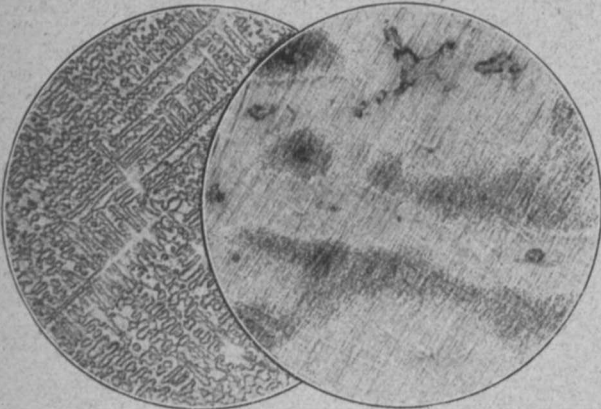


Abb. 25. Rotguß. Links: normal vergossen. Lineare Vergrößerung 50 ×. Rechts: überhitzt vergossen, geätzt mit ammoniakgetränktem Wattebausch. Lineare Vergrößerung 150 ×.

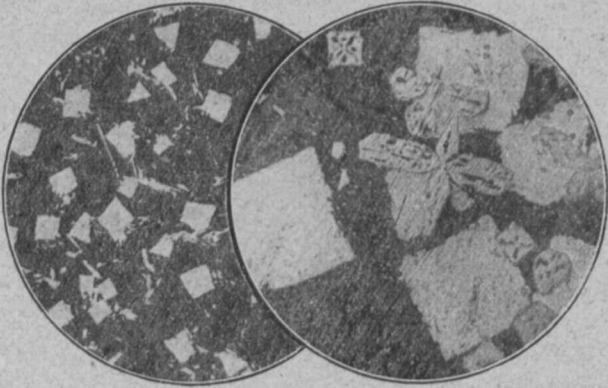


Abb. 27. Zinnweißmetall. Links: normal vergossen. Rechts: überhitzt vergossen. Geätzt mit Salzsäure. Lineare Vergrößerung 150 ×.

Kernzahl und Kristallisationsgeschwindigkeit bestimmen eindeutig die resultierende Korngröße einer erstarrenden

gibt sich schließlich das in der Abbildung unten dargestellte Raumdiagramm, das die funktionellen Beziehungen zusammenhängend darstellt. So ist z. B. der Kristallisationsgeschwindigkeit a und der Kernzahl b die Korngröße c beigeordnet. Umgekehrt kann aus diesen Größen eine jede andere abgeleitet werden.

Metall	KG mm/min	KZ cm ³ /min
Sn	90	9
Zn	100	10
Po	140	3,5

Außer diesen allgemeinen Gesetzmäßigkeiten kann man in dem erstarrten Metall nach dem Erkalten vielfach noch gewisse Spuren wahrnehmen, die mit der Entstehungs-

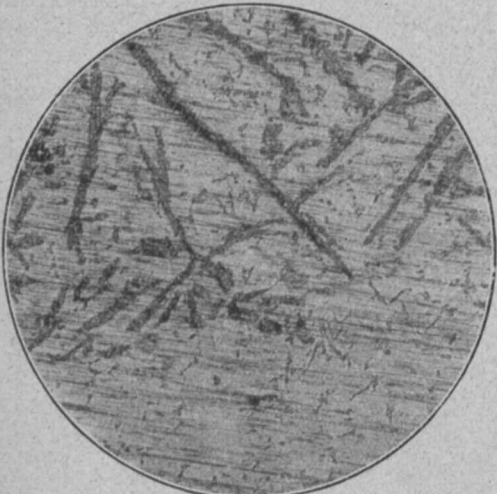
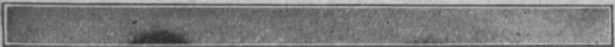
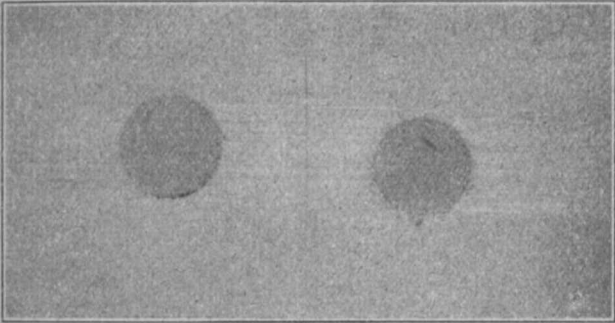


Abb. 26. Oben: Aluminiumplatte mit eisenreichen Enklaven, ungeätzt. Etwa 1/2 natürlicher Größe. Mitte: Querschnitt durch die eisenreichen Stellen, ungeätzt. Etwa 1/2 natürlicher Größe. Unten: Uebergang von der eisenreichen Zone zur Grundmasse, stärker vergrößert, ungeätzt. Lineare Vergrößerung 75 ×.

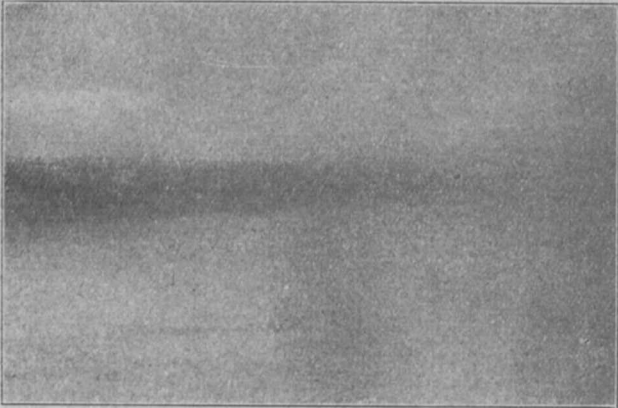


Abb. 28. Oben: Aluminiumplatte mit eisenreichen Enklaven nach dem Auswalzen. Ausläufer der eisenreichen Enklave, geätzt mit Flußsäure/Salzsäure. Etwa 3/4 natürlicher Größe. Unten: Querschnitt durch das ausgewalzte Blech, ungeätzt. Lineare Vergrößerung 250 ×.

Schmelze, und zwar ist das Korn (φ), wie dies Abb. 9 veranschaulicht, um so größer, je größer bei konstanter

geschichte innig zusammenhängen. Diese Erscheinungen können aber, da sie von der Vorgeschichte des Metalles abhängen, unter Umständen fehlen. Zu diesen Erscheinungen

³⁾ Tammann, „Lehrbuch der Metallographie“ 1914, S. 3.

turen der Kristalle aufweisen. Infolge Erschöpfung des Vorrates an Schmelze an bestimmten Stellen werden die Kristalle in ihrem Wachstum aufgehalten, ehe der Querschnitt völlig erfüllt wird. Schrumpfen die Wände solcher Hohlräume dicht aufeinander, so erscheinen sie im mikroskopischen Bild als feine Fäden, die leicht Einlagerungen vortäuschen können (Abb. 15). Der Geübtere wird sie aber an ihrer Ausbildungsform noch leicht als dendritische Hohlräume identifizieren können. Blasenräume können ebenfalls leicht die Anwesenheit von fadenartigen Einschlüssen vortäuschen (Abb. 16). Sie entstehen dadurch, daß sich die Blasenräume bei der Schliffherstellung deckelartig verschließen. Wird dieser Deckel unterm Mikroskop mit einer Nadel aufgehoben, so tritt der Blasenraum, wie dies Abb. 17 zeigt, zum Vorschein.

Wie man der Lunkerbildung im Prinzip zu begegnen hat, darauf sei an Hand der Abb. 18 kurz hingewiesen. Der erste Barren wurde, nachdem die Erstarrung bis zu einem gewissen Grade vorgeschritten war, durch Ausstürzen entleert. Dieser Barrenquerschnitt zeigt eine Ausbauchung in der unteren Hälfte. Die Ausbauchung ist darauf zurückzuführen, daß sich in diesem Teile beim steigenden Guß die Wärme anstaute, wodurch die Erstarrung verzögert wurde. Der zweite Barren wurde der freien Erstarrung überlassen. Das fehlende Volumen an flüssiger Schmelze konnte durch Saugen nicht ausgeglichen werden, was die Ausbildung eines tief hereinragenden Lunkers zur Folge hatte. Der dritte Barren wurde in gleicher Weise der freien Erstarrung überlassen, aber mit dem Unterschiede, daß das Fußende sehr kräftig mit Wasser gekühlt wurde. Auf diese Weise war es möglich, den Lunkerraum in die oberen Partien hinaufzudrücken. Bei dieser Arbeitsweise und sorgfältigem Nachgießen gelingt es leicht, einwandfreie

bildungsform, Menge und Verteilung können sie in dem einen oder anderen Sinne wirken. Bilden sie Häute, die quer zu der Richtung der Beanspruchung liegen, so werden

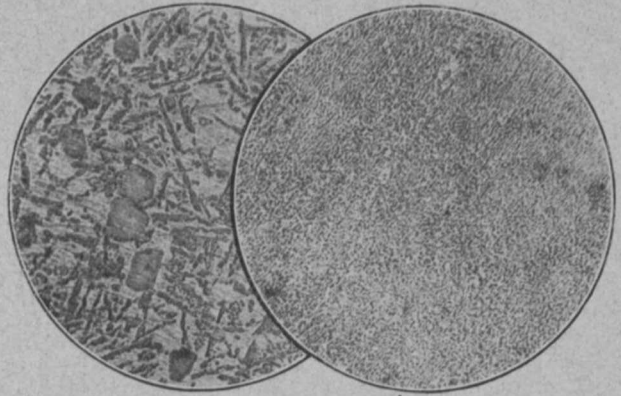


Abb. 32. Links: Aluminium-Silizium-Legierung, unveredelt. Lineare Vergrößerung 150 \times . Rechts: Aluminium-Silizium-Legierung, veredelt. Ungeätzt. Lineare Vergrößerung 150 \times .

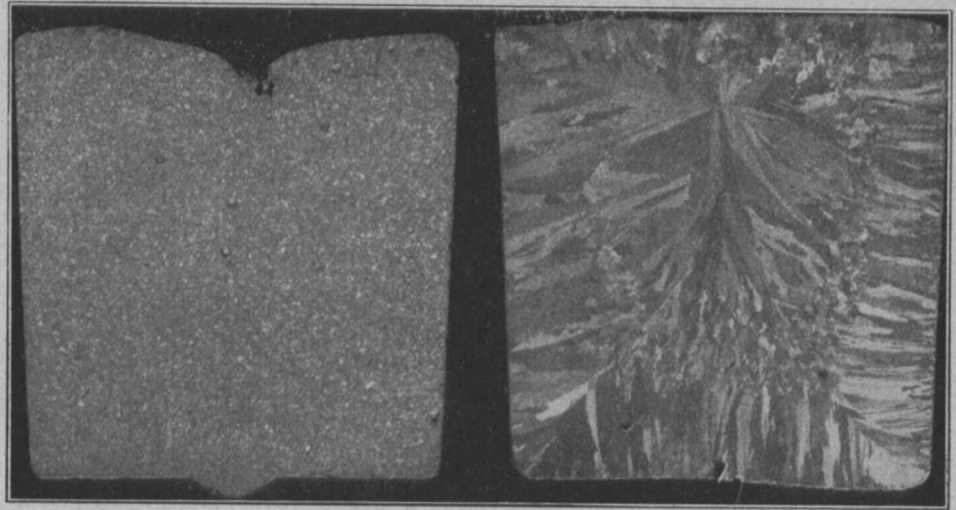


Abb. 33. Kupferbarren. Links: normal vergossen. Rechts: überhitzt gegossen. Geätzt mit Ammoniumpersulfat 1 : 10.

sie, je nachdem der metallische Zusammenhang durch die Einlagerung unterbrochen wird, unter Umständen sich als äußerst schädlich und gefährlich erweisen können. Liegen

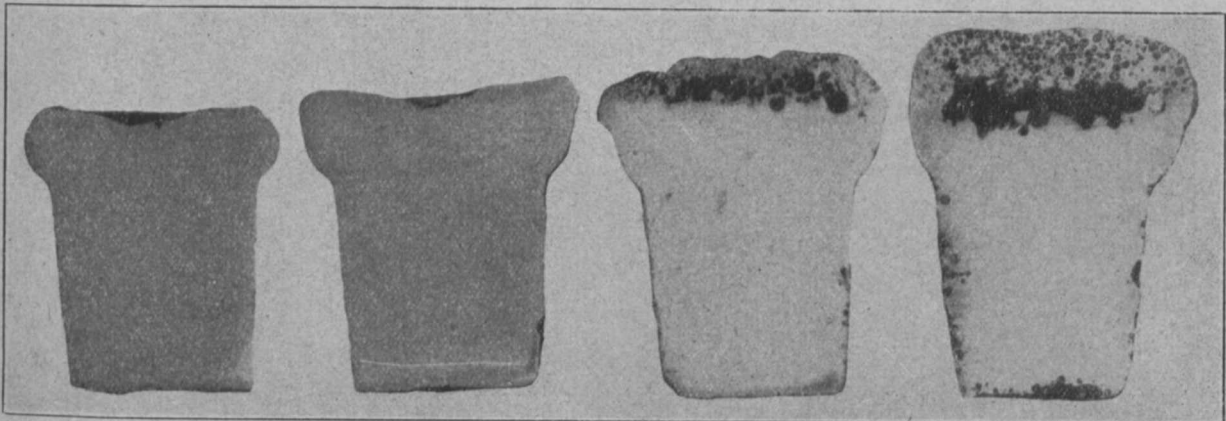


Abb. 34. Gußaluminium (Querschnitte) unter Leuchtgas geschmolzen bei Temperaturen von: 1. 650 °; 2. 900 °; 3. 1200 °; 4. 1500 °.

raumdichte Barren (vgl. Barren 4) herzustellen. Die Versuchsergebnisse beziehen sich auf Reinaluminium.

Fremdstoffeinschlüsse, die sogenannten „Sonims“ der englischen Literatur, werden in ihrem schädlichen Einfluß teils überschätzt, teils unterschätzt. Je nach ihrer Aus-

sie parallel zur Richtung der Beanspruchung, so werden sie meist nur von geringer Schädlichkeit sein. Sie werden etwa so wirken, als ob die Stäbe axial unterteilt wären, wovon bekanntlich die Festigkeit und die sonstigen physikalischen Eigenschaften nicht sehr empfindlich betroffen

werden. Ohne genaue Kenntnis der geometrischen Bedingungen kann über den schädlichen Einfluß von diesen nichtmetallischen Verunreinigungen nur wenig ausgesagt werden. Abb. 19 zeigt einen Aluminiumbronzebarren mit groben Tonerdeanhäufungen. Beim Walzprozeß ist an dieser gefährdeten Stelle auch Bruchbildung eingetreten. Tonerdeinschlüsse im Aluminium sind in Abb. 20 wiedergegeben. Die Einlagerungen sind im Gegensatz zu der in Abb. 19 wiedergegebenen Probe ziemlich willkürlich angeordnet, wodurch der Grad der Schädlichkeit wesentlich herabgesetzt ist. Es ist Aufgabe des Fachmannes, solche Anreicherungen an nichtmetallischen Verunreinigungen möglichst einwandfrei festzustellen und sich über deren geometrische Anordnung Rechenschaft zu geben. Beim Eisen lassen sich gewisse Fremdeinschlüsse durch die Heyn-Bauer-Probe bzw. die Baumann-Probe feststellen. Bei Aluminium und Aluminiumlegierungen läßt sich die Verteilung an manchen Verunreinigungen, wie Schwefel, Phosphor, mit Hilfe der Kontaktprobe einfach durch Aufklatschen von feuchtem Bromsilberpapier ohne Entwicklung feststellen⁵⁾. Kontaktabzüge von Aluminiumproben mit verschiedenen Gehalten an Phosphiden und Sulfiden zeigt Abb. 23.

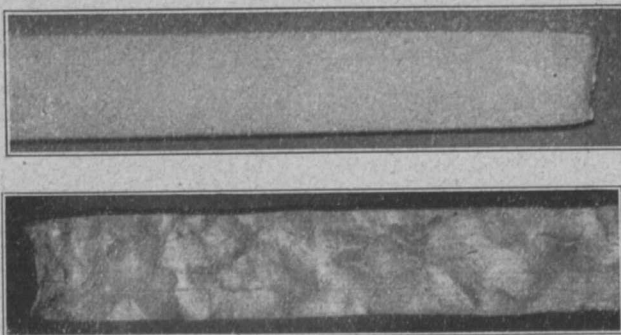


Abb. 35. Aluminiumstab, welcher nach dem Zerreißen infolge genügender Kornfeinheit eine ebene Oberfläche behalten hat. Unten: Aluminiumstab, welcher infolge groben Kornes beim Zerreißen grobnarbig wurde.
 $\frac{1}{2}$ natürlicher Größe.

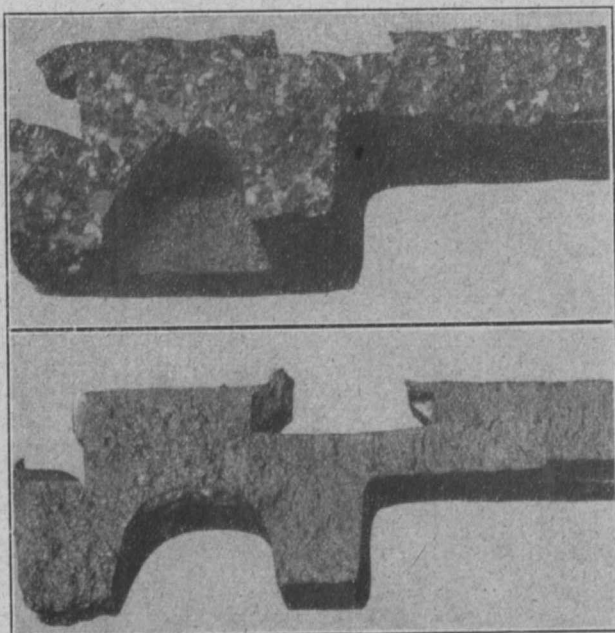


Abb. 36. Oben: Grobkörniger unveredelter Siluminguß (Bruchgefüge). Unten: Feinkörniger veredelter Siluminguß (Bruchgefüge).
Fast natürliche Größe.

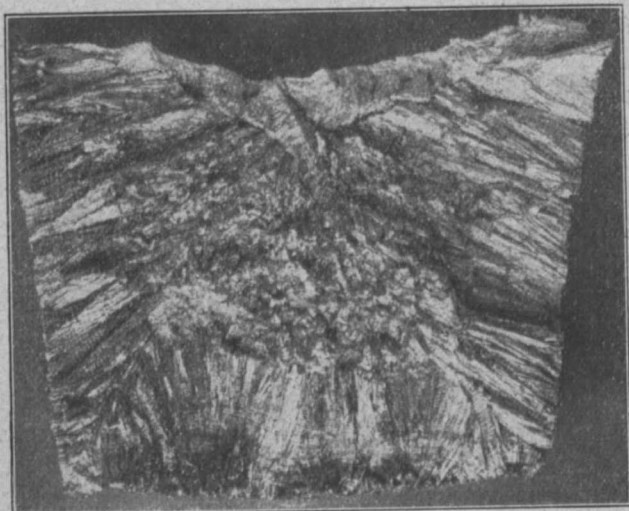


Abb. 37. Aluminiumbarren mit nadligem Gefügebau. Ungeätzt.

Oberflächenfehler beim Verwalzen von Metallen werden nur selten durch Fremdstoffeinschlüsse hervorgerufen, dahin-

gegen geben Hohl- und Lunkerräume sehr leicht zu Oberflächenfehlern Anlaß. Solch fehlerhafte Bleche mit blasiger

und schieferiger Oberfläche sind in Abb. 21, 22 und 24 wiedergegeben. Interessant sind Abb. 22 und 24. Abb. 22 zeigt einen Aluminiumgußblock mit einer deutlich ausgeprägten Lunkerzone, Abb. 24 dieselbe Probe nach dem Auswalzen zu einem dünnen Blech. Die lunkerfreien Stellen der Platte waren völlig einwandfrei, während die Zonen, die grobe Lunker enthielten, auch nach dem Auswalzen grobe Schichtbildungen und Ueberlappungen zeigten. Werden Aluminiumwalzplatten mit Propfen einer eisenreichen Aluminiumlegierung versehen, wie dies Abb. 26 zeigt, und ausgewalzt, so wird in der Regel der metallische Zusammenhang an diesen Stellen nicht zerstört. Abb. 28 zeigt den letzten Ausläufer einer über 10 m langen Zunge. Dieser Versuch zeigt in deutlicher Weise, wie wenig sich der Einfluß einer Materialungleichmäßigkeit auf die Walzbarkeit bei voll ausgefülltem Querschnitt bemerkbar macht. Hohlräume im Querschnitt haben dahingegen eine wesentliche Veränderung des Spannungsverlaufes und damit meist eine Bruchbildung zur Folge. Man kann sich von dieser schädlichen Wirkung leicht überzeugen,

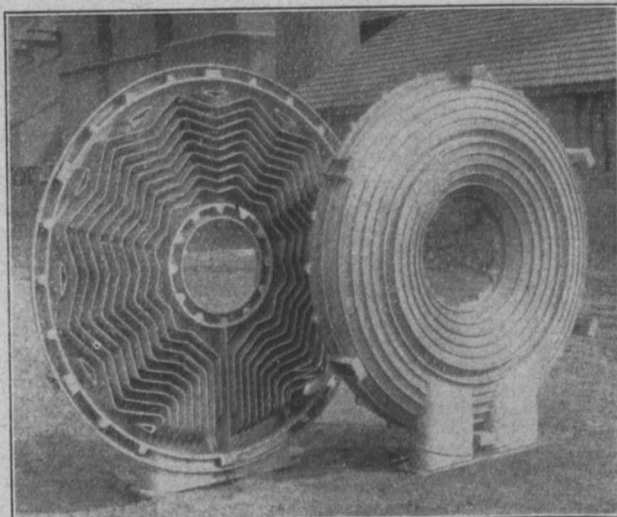


Abb. 38. Großgußstück aus Silumin.

wenn man Walzplatten vor dem Auswalzen mit größeren, durchgehenden Bohrlöchern versieht.

⁵⁾ „Zeitschrift für Metallkunde“ 1923, S. 280.

Infolge der schädlichen Wirkung der Hohlräume ist es ohne weiteres verständlich, warum auch Gaseinschlüsse die Eigenschaften der Metalle und Legierungen nachteilig beeinflussen. Die Gase können einerseits in den Metallen und Legierungen gelöst, also unsichtbar sein, andererseits in Form von Blasen auftreten. Das Vermögen, Gase aufzulösen, steigt bei den Metallen und Legierungen mit der Höhe der Schmelztemperatur, ist also umgekehrt wie bei den wässerigen Lösungen, bei den die Löslichkeit mit der Höhe der Temperatur abnimmt. In Abb. 31 ist dieses Verhalten schaubildlich dargestellt. Die geringste Verwandtschaft besitzt das Aluminium mit dem Stickstoff, die größte mit dem Wasserstoff. Beim Erstarren wird der größte Teil der Gase in Form von Blasen ausgeschieden, was eine Porenbildung des Gusses zur Folge hat. Diese Tatsache diente als Ausgangspunkt der Bestimmung der Volumenanteilkheit der gelösten Gase. Die Probe wurde unter einem lebhaften Strom des betreffenden Gases überhitzt. Das Aussehen der so behandelten Proben im Querschnitt veranschaulicht Abb. 34. Als Beispiele sind die unter Leuchtgas geschmolzenen Proben gewählt worden. Das Verfahren ist nur für technische Untersuchungen geeignet. Die wissenschaftlichen Methoden sind zunächst noch zu wenig durchgebildet, um eine exakte Messung zu gestatten.

Bei Anwesenheit von weiteren Legierungskomponenten kann die Gasaufnahme-fähigkeit eines Metalles oder einer Legierung wesentlich verschoben werden, wie dies aus den Untersuchungen von Sieverts und Krumphaar⁶⁾ hervorgeht und was das Diagramm (Abb. 30) zum Ausdruck bringt. Flüssiges Kupfer vermag im allgemeinen um so weniger Wasserstoff aufzulösen, je größer der Gehalt an irgendeinem Fremdmittel ist. Eine Ausnahme hiervon macht nur das Nickel, das im Gegensatz hierzu die Gaslöslichkeit des Kupfers erhöht.

Überhitzter Guß macht sich stets in grober Kornausbildung nachteilig bemerkbar, und zwar bei allen Metallen ohne Ausnahme, gleichgültig, ob es sich hierbei um Rein-

metalle wie Kupfer (Abb. 33), Rotguß (Abb. 25), Zinnweißmetall (Abb. 27) oder andere Legierungen handelt.

Stets wird die Korngröße des überhitzten Metalles eine größere sein (vgl. die Abbildungen rechts) als die eines mäßig oder gar die eines sehr schwach vorgewärmten Gusses (vgl. die Abbildungen links). Dies wird in der Technik noch immer zu wenig beachtet, man hätte sonst schon längst für die technischen Metalle aus der Größe des Kornes die Beziehungen zwischen Korngröße und Gießtemperatur auf Grund systematischer Versuchsreihen empirisch herleiten können.

Je feinkörniger ein Gußerzeugnis ist, um so besser werden auch stets die mechanischen Güteziiffern sein. Feinkörnigkeit bedeutet aber durchaus noch nicht den höchstmöglichen Grad der Dispersität. Die Zwischenstufen von Feinkörnigkeit bis zur höchsten Dispersität hinauf fangen neuerdings an, auf den Gießereifachmann einen besonderen Anreiz auszuüben. Richtunggebend für diese Bestrebungen waren neben der Verfeinerung des Eutektikums beim Perlitguß die Vorgänge bei der Veredlung des Silumins. Die künftige Metallkunde wird wahrscheinlich in

dieser Hinsicht noch zu ganz neuartigen Feststellungen gelangen. Wie das grobe, körnige Gefüge der Aluminium-Silizium-Legierungen bei der Veredlung in das feinkörnige Gefüge des Silumins übergeht, zeigt Abb. 32. Die Gefügeveränderung macht sich auch schon im Bruch bemerkbar, da der grobblättrige Bruch (Abb. 36 oben) ein stahlartiges, feinkörniges Bruchaussehen (Abb. 36 unten) annimmt. Diese neue Aluminium-Silizium-Legierung weist eine so vorzügliche Gießfähigkeit auf, daß sie für die Herstellung von Gußstücken Verwendung finden kann, die im Hinblick auf die Abmessungen jedweden Ansprüchen genügt. Großgußteile dieser Art aus Silumin sind in Abb. 38 und 39 veranschaulicht.

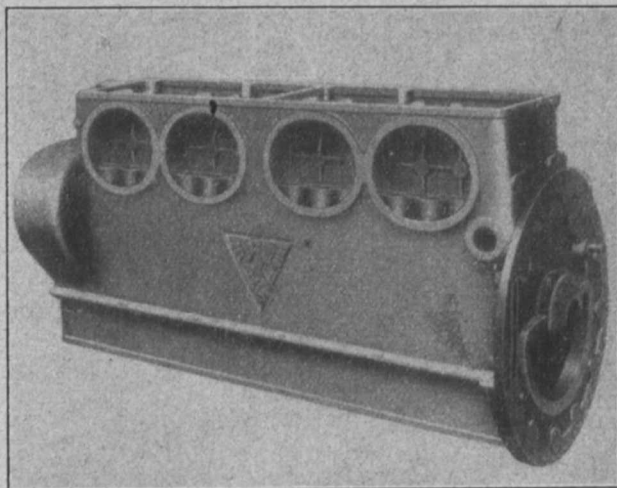


Abb. 39. Großgußstück aus Silumin.

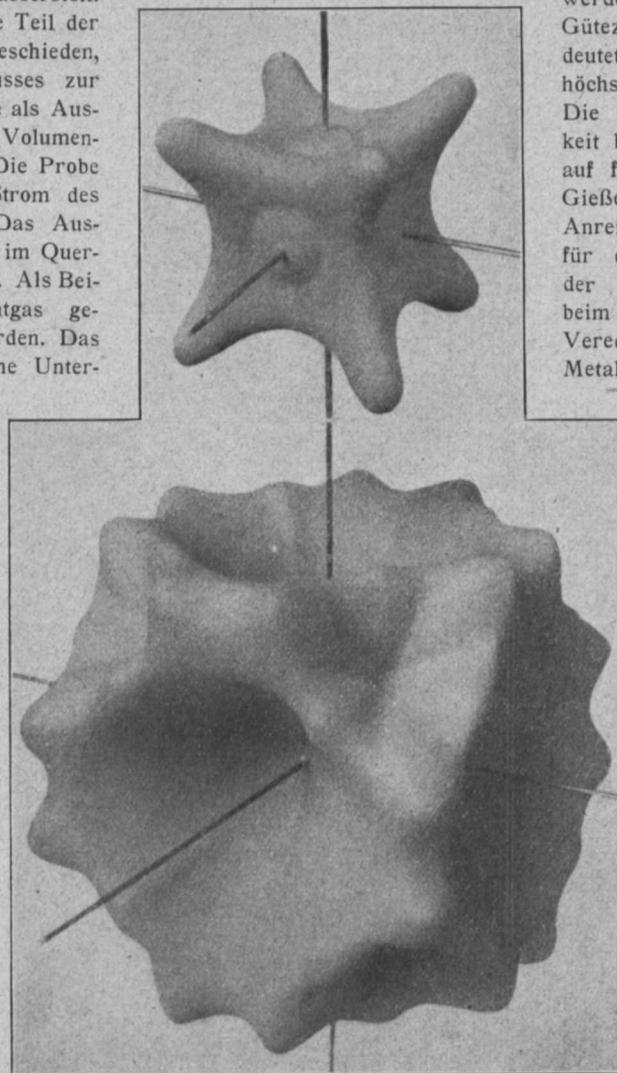


Abb. 40. Festigkeits- und Dehnungskörper eines Kupferkristalles.

Außer der Korngröße ist auch die Kornausgestaltung, wie bereits anfangs erwähnt, auf die Eigenschaften der Metalle und Legierungen von Einfluß. Die Korngröße insofern, als bei der überelastischen Beanspruchung von

⁶⁾ „Berichte der Chemischen Gesellschaft“ 1910, Heft 43, S. 893.

Konstruktionsteilen infolge mechanischer Ungleichförmigkeit Grobbarkeit an den Oberflächen beobachtet werden kann (Abb. 35 unten), während bei feinkörnigen Materialien sich diese Mängel nicht bemerkbar machen (Abb. 35 oben). Dies rührt daher, daß die einzelnen Kristalle bereits einen gewissen Einfluß auf die Gesamtheit der Kristalle, aus

ähnlich orientiert waren, und zwar in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle mit der Hauptachse senkrecht zu den Abkühlungsflächen. Wurden aus den Randzonen Probestäbe entnommen und zerrissen, so nahm der Querschnitt der Stäbe beim Zerreißen elliptische Form an. Stäbe, die den feinkristallinen Kernzonen entnommen wurden, be-

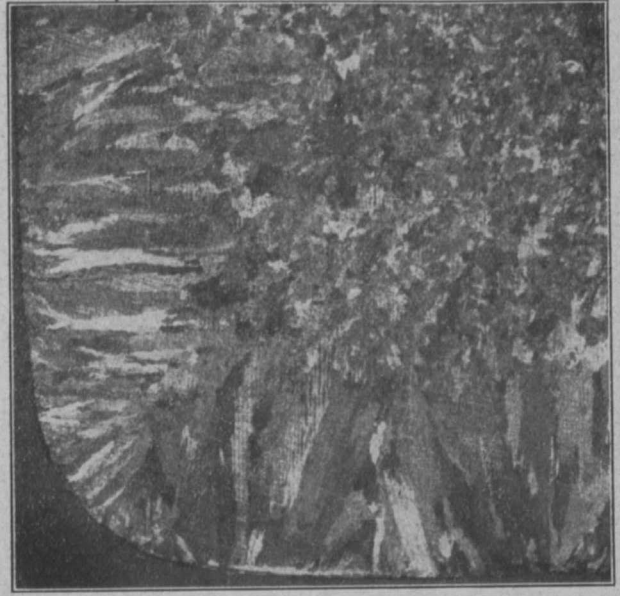
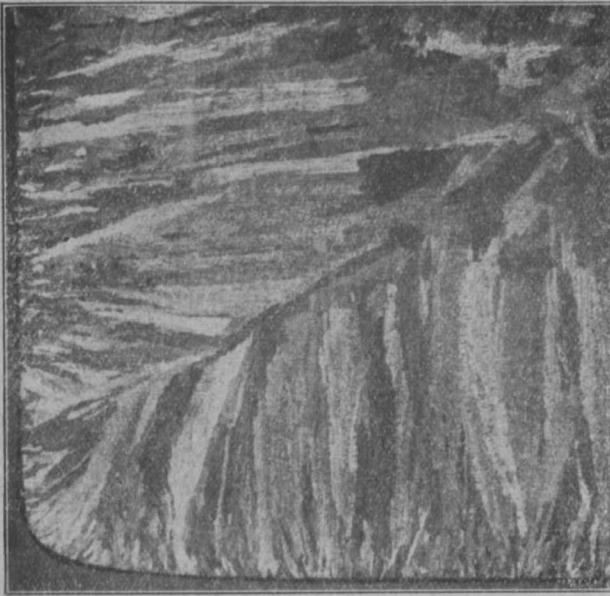


Abb. 41. Nadelanordnung der Kristalle in Kupferbarren. Links: Barren mit annähernd rechteckigem Querschnitt. Rechts: Barren mit abgerundeten Kanten.

denen sich der Körper aufbaut, gewinnen. Die metallischen Einkristalle zeigen nämlich in ihren verschiedenen Achsenrichtungen sehr unterschiedliches Verhalten; ihre Festigkeit, Härte, Dehnung und Elastizität kann bereits schon in den Zahlenwerten recht große Schwankungen aufweisen. Dies bringt Abb. 29 zum Ausdruck. Mit steigendem Körnigkeitsgrad nimmt die Festigkeit und Dehnung bis zu der Korngröße $\varphi = \frac{1}{10000} \text{ mm}^3$ (gleich etwa $\frac{1}{10} \text{ mm}$ Korndurchmesser) allmählich zu. Bei weiter zunehmender Korngröße macht sich eine Streuung bemerkbar, die um so größer ist, je mehr die Korngröße ansteigt, d. i. bei abnehmendem Dispersitätsgrad. Am größten ist die Streuung bei Anwesenheit eines einzigen Kristalls, da je nach seiner Orientierung beim Zerreißenversuch alle möglichen Werte gemäß der Geraden $b-a$ vorgefunden werden können. Die Geraden $b, a, b', a', b'', a'', b''', a'''$ entsprechen den Zwischenwerten der Körnigkeit. Den Festigkeits- und Dehnungskörper, der auf Grund dieser Messungen an Einkristallen erhalten werden kann, zeigt Abb. 40 für einen Kupfereinkristall. Auf Grund dieser Richtungsverschiedenheit ist es leicht verständlich, warum grobkörnige Metalle sich den feinkörnigen gegenüber mechanisch so verschiedenartig verhalten. Es kann aber auch vorkommen, daß ganze Bezirke von Kristallen, wie von irgendeiner unbekannten Kraft gelenkt, kristallographisch ähnliche Orientierung annehmen. Meist ist dies der Fall bei der Ausbildung nadeliger Kristallgruppen (vgl. Abb. 37). Dies führt nicht selten zu Anomalien bei der Verarbeitung. Barren mit ähnlicher Gefügeausbildung sind in großer Anzahl beim Walzen gebrochen. Es konnte festgestellt werden, daß diese Barren nicht nur nadelig ausgebildete Randkristalle zeigten, sondern daß diese Kristalle auch darüber hinaus kristallographisch

hielten beim Zerreißenversuch ihren kreisrunden Querschnitt⁷⁾. Solche ungewollte Ordnung in der Orientierung kann natürlich auch ganz spezifische Wirkungen ausüben und im Grenzfall einem Haufwerk von Kristallen Eigenschaften verleihen, die einer Einkristallprobe nahekommen. Da in dem Körper eines Einkristalles aber weitgehende Differenzen in den Achsenrichtungen bestehen und diese Differenzen die bei den Vielkristallen auftretenden Streuungswerte weit übertreffen, so kann es leicht vorkommen, daß solche Aggregate bereits schon bei dem geringstmöglichen Maß des Zerreißenwiderstandes zerstört werden. Geometrisch ungünstige Anordnung des Kornes soll eine weitere Schwächung der mechanischen Eigenschaften solcher Aggregate mit sich bringen. Abb. 41 diene zur Veranschaulichung des Gesagten. Die links wiedergegebene untere Ecke eines Kupferbarrens wird infolge der nadelartig aufeinanderstehenden Kristalle in der winkelhalbierenden Richtung geringere mechanische Widerstandsfähigkeit aufweisen als die in der rechten Abbildung dargestellte Radialanordnung der Kristallnadeln an der mehr abgerundeten Kante. Dies ist zwar plausibel, aber wohl mehr oder weniger problematisch. Auf jeden Fall kann man aber eine solche Radialanordnung der Kristalle durch Abrundung der scharfen Kanten an Formstücken erzielen. Ueber die geringere oder größere Zweckmäßigkeit dieser Maßnahme wird noch die Erfahrung entscheiden müssen.

Diese Auswahl von Beispielen möge es dartun, wie sehr heute der Gießereifachmann auf die gründliche Kenntnis der gesamten Stoffeigenschaften angewiesen ist. Je mehr er seine Stoffkenntnisse vertieft, um so größer wird der Erfolg seiner Bemühungen sein.

⁷⁾ Vgl. „Stahl und Eisen“ 1916, S. 864.