

Praktikumsgruppe:

Christina Lebsuch, Frank Sandig, Susan Vangerow, Oliver Zeidler

Versuchsprotokoll - Erstarrung metallischer Schmelzen -

1. Aufgabenstellung

Die in der Vorlesung erworbenen grundlegenden Kenntnisse über das Erstarrungsverhalten einphasiger und mehrphasiger Legierungen sollen im Praktikum am Beispiel von Aluminium resp. Weißmetall WM80F (80% Sn, 10% Sb, 10% Cu, <0,5% Pb) experimentell vertieft werden. Das Gefüge des Aluminiums ist einphasig. Das Weißmetall zeigt drei Phasen: Eine zinnreiche Matrix, primäre Cu_6Sn_5 -Nadeln und sekundäre SbSn-Würfel.

Im Verlauf der Experimente wurden die Erstarrungsgefüge von Proben aus Abgüssen mit unterschiedlicher Gießtemperatur und in unterschiedliche Gießformstoffe qualitativ ausgewertet, um den Einfluss dieser Erstarrungsbedingungen auf die Gefügeausbildung zu untersuchen.

2. theoretische Grundlagen

Die Erstarrung metallischer Legierungen ist gewöhnlich ein Kristallisationsvorgang. Eine Ausnahme bilden die bei sehr hohen Abkühlungsraten amorph erstarrenden metallischen Gläser. Bei der Kristallisation sind zwei Teilprozesse, Keimbildung und Kristallwachstum, zu betrachten.

2.1 thermodynamische Grundlagen

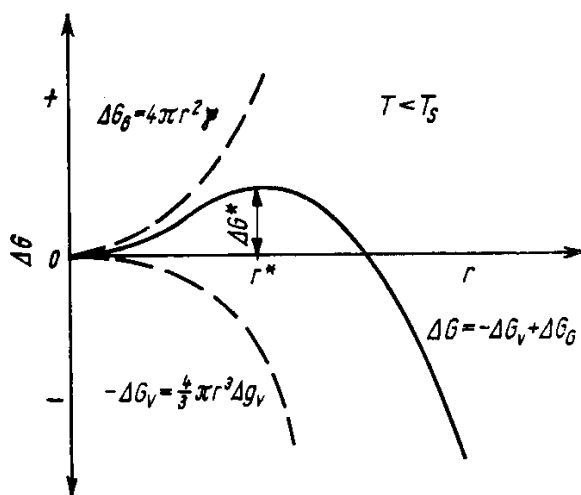
Die Erstarrung als Übergang von Nah- zu Fernordnung, läuft in zwei Teilprozessen ab: Keimbildung und Kristallwachstum.

Bei der Keimbildung unterscheidet man in homogene und heterogene Keimbildung. Die homogene Keimbildung findet ohne Beteiligung von Fremdpartikeln nur durch thermische Fluktuation statt. Bei der heterogenen Keimbildung bilden sich Keime an den Wänden der Gußformen oder durch Verunreinigungen. In der Praxis werden auch gezielt Partikel zugeimpft, um die Keimbildungsgeschwindigkeit oder Gefügebildung gezielt einzustellen (Kornfeinung).

Für beide Formen ist zunächst eine bestimmte Unterkühlung $\Delta T = T_s - T$ der Schmelze erforderlich. Energetisch wird bei der Überführung vom schmelzflüssigen in den festen Zustand die freie

Volumenenthalpie $\Delta G_v = \frac{4}{3} \pi r^3 \Delta g_v$ reduziert.

Andererseits ist Energie für die Bildung einer Grenzfläche zwischen Keim und Schmelze nötig ($E_{OF} = 4 \pi r^2 \gamma$).



Als Gesamtbilanz ergibt sich

$$\Delta G = -\frac{4}{3} \pi r^3 \Delta g_v + 4 \pi r^2 \gamma.$$

Damit der Keim wachsen kann, ist eine Reduzierung der freien Enthalpie nötig. Dafür muß der Keim einen bestimmten Radius erreichen, den sog. kritischen Keimradius r^* . Wird dieser nicht erreicht, löst sich der Keim wieder in der Schmelze auf.

Abbildung 1: Energiebilanz

2.2 Kristallwachstum und Gefügeausbildung

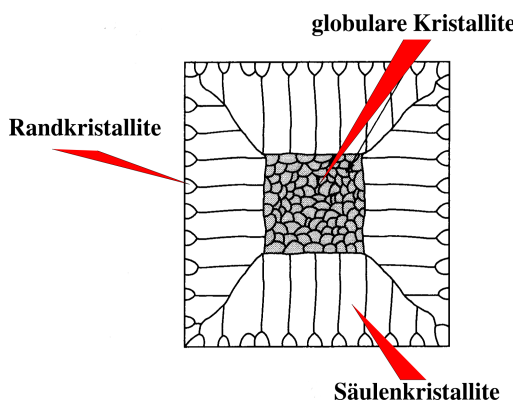
Nach der Keimbildung kommt es durch Anlagerung weiterer Atome zum Wachstum.

Man unterscheidet planares Wachstum und dendritisches Wachstum, diese unterscheiden sich durch den Abtransport der bei der Erstarrung frei werdenden Wärme.

Beim planaren Wachstum wird die Wärme durch den Festkörper an die Umgebung abgeleitet. Jede sich herausbildende Oberflächenerhebung an der Erstarrungsfront ist von Schmelze umgeben, die eine Temperatur oberhalb der Erstarrungstemperatur aufweist. Demzufolge wird das Wachstum der Erhebung verlangsamt, die angrenzende Wachstumsfront des Festkörpers kann aufschließen. Die Wachstumsfront schiebt sich somit gleichmäßig in die Schmelze hinein.

Im Allgemeinen herrscht an der Grenzfläche fest-flüssig durch die Kristallisationswärme die höchste Temperatur. Beim dendritischen Wachstum wird die Kristallisationswärme zu Teilen in die feste Phase und die Schmelze abgeleitet. Eine an der Kristallisationsfront entstehende Erhebung gelangt so in ein Gebiet größerer Unterkühlung, d.h. es herrschen günstige Kristallisationsbedingungen vor. Die Oberflächenerhebung wächst spießförmig in die Schmelze hinein und kann, sofern das Wachstum nicht behindert wird, seitliche Verzweigungen ausbilden. Die dabei entstehenden tannenbaumartigen Kristalle werden als Dendriten bezeichnet.

Das Gussgefüge besteht auf Grund der sich ändernden Erstarrungsbedingungen aus drei verschiedenen Zonen:



- 1) globulare Randzone: An der Gefäßwand der Gussform setzt zuerst die Erstarrung der Schmelze ein, es bildet sich ein durch heterogene Keimbildung feinkristallines Gefüge mit beliebig orientierten Kristalliten.
- 2) Transkristallisationszone: Die hier auftretenden, länglich gestreckten Kristallite weisen eine bevorzugte kristallografische Orientierung auf. Sie wachsen entgegengesetzt zum Temperaturgradienten in die Schmelze hinein.
- 3) Globularzone: Durch zu geringe Gießtemperatur oder vor der Erstarrungsfront vorrangetriebene Verunreinigungen und Legierungselemente ist das Zentrum des Gussblocks mit Keimen angereichert, die willkürlich orientiert und globular auskristallisieren.

3. Versuchshergang

Aluminium (Schmelztemperatur 660°C) wurde auf 680°C bzw. 900°C erhitzt. Die Schmelzen wurden jeweils in eine Kokille und eine Sandgussform abgegossen.

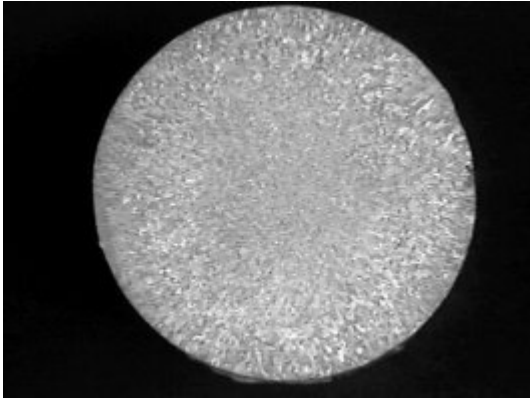
Nach der Erstarrung wurden die Proben getrennt, geschliffen und mit dem bereitgestellten Dreisäuregemisch aus HNO_3 , HCl und HF geätzt. Das Erstarrungsgefüge des Al war mit bloßem Auge deutlich erkennbar.

Das Weißmetall WM80F (Schmelztemperatur 330°C) wurde auf 350°C bzw. 550°C erhitzt. Diese Schmelzen wurden ebenfalls in Sandformen und Kokillen vergossen.

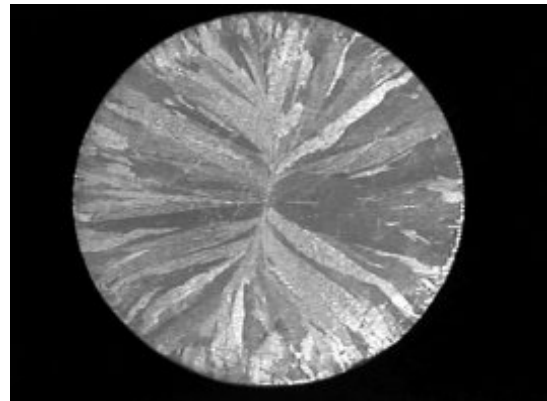
Dem Trennen und Schleifen schlossen sich hier ein Polierarbeitsgang und Ätzen in 3%iger alkoholischer HNO_3 an. Das Erstarrungsgefüge des WM80F wurde unter dem Auflichtmikroskop betrachtet.

4. Auswertung

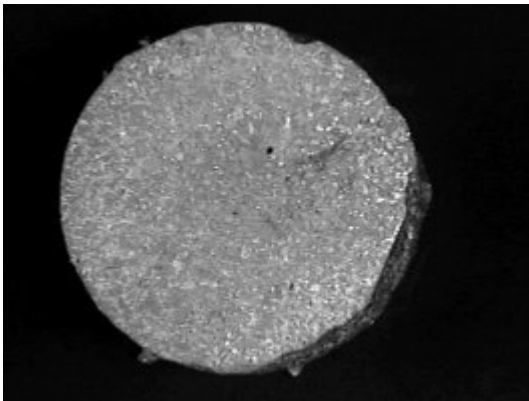
Al, Kokillenguss, 680°C



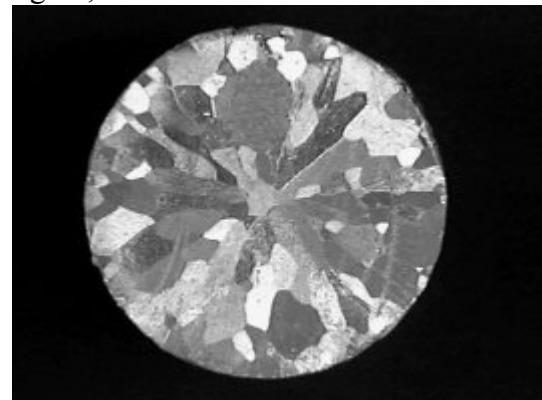
Al, Kokillenguss, 900°C



Al, Sandguss, 680°C



Al, Sandguss, 900°C

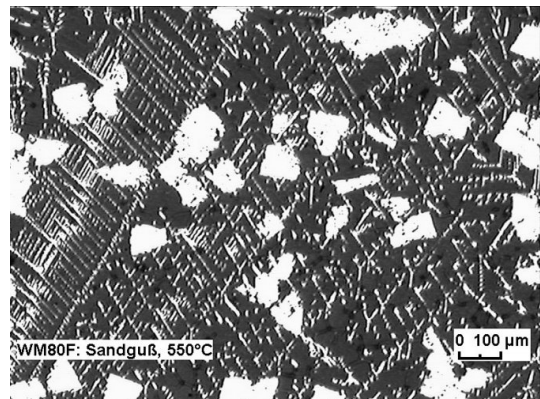
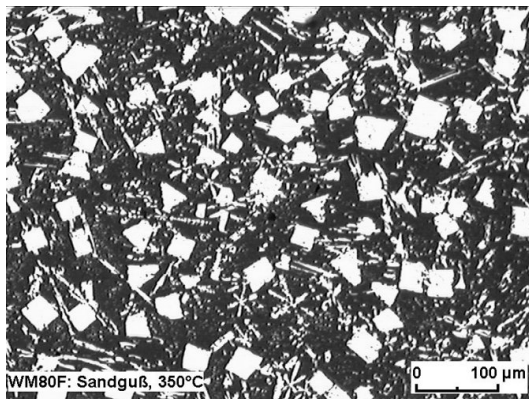
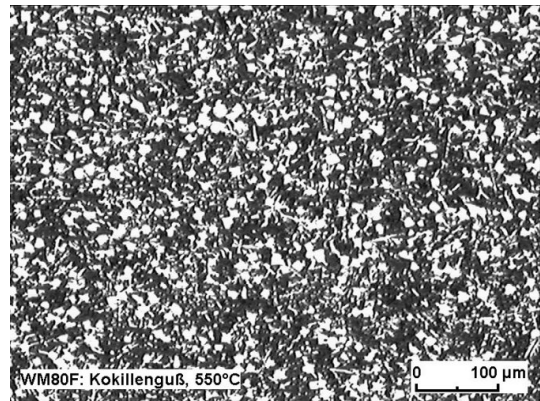
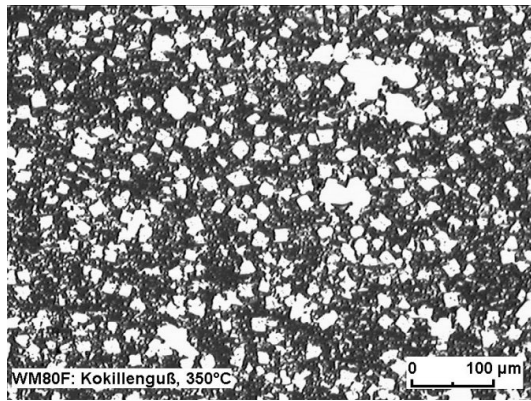


Reinaluminium 680°C:

Auf Grund der schnellen Wärmeabfuhr beim Kokillenguss ist eine geringe Korngröße und straffe Kornausrichtung erkennbar. Beim Sandguss ist die Zeit zum Kristallwachstum auf Grund langsamerer Wärmeabfuhr gegeben. Es ist jedoch ein sehr geringer Unterschied.

Reinaluminium 950°C:

Da das Aluminium überhitzt wurde, ist die Schmelze so gut wie keimfrei. Das heißt bei der Erstarrung müssen deshalb neue Keime gebildet werden. Dies geschieht an der Formwand, da dort die Unterkühlung am größten ist. Von der Formwand wachsen die Kristallite dann in die Schmelze.



Weißmetall Kokillenguß:

Je höher die Gießtemperatur ist, desto feiner werden die Primärkristalle, da bei steigender Überhitzung die Kristallkeime immer weiter aufgeschmolzen werden. Auf Grund der schnellen Abkühlung und der daraus resultierenden Unterkühlung entstehen umso mehr Keime bzw. Kristallite. Die Kristallite werden beim Kokillenguß nicht so groß wie beim Sandguss, da die Erstarrungszeit kürzer ist.

Weißmetall Sandguss:

Beim Sandguss setzt keine spontane Keimbildung ein, da die Unterkühlung nicht groß genug ist. Die noch vorhandenen Keime wachsen ohne wesentliche Keimneubildung während der Abkühlung.

5. Bildnachweis

Die unter 4. verwendeten Abbildungen wurden nicht von den im Praktikum hergestellten Proben angefertigt, sondern den Vorbereitungsunterlagen zum Versuch entnommen, welche das Institut für Werkstoffwissenschaften der TU Bergakademie Freiberg zur Verfügung stellt. Sie zeigen also nur prinzipiell das Ergebnis der Versuche.

Die Abbildungen 1 und 2 sind folgenden Lehrbüchern entnommen:

Abb 1: Werner Schatt, Einführung in die Werkstoffwissenschaft, 1983 VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig, S. 120

Abb 2: Materialwissenschaften, Donald R. Askeland, 1996 Spektrum Akademischer Verlag GmbH, S. 200 (nachträglich bearbeitet)