

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAFICA

Editor: G. WOLF

E 2062/1975

Umwandlungen des Eisens Bildung des Austenits in unlegiertem Stahl

Mit 5 Abbildungen

GÖTTINGEN 1976

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Umwandlungen des Eisens Bildung des Austenits in unlegiertem Stahl

H. P. HOUGARDY und H.-J. PIETRZENIUK, Düsseldorf

Begleitveröffentlichung von H. P. HOUGARDY, Düsseldorf

Allgemeine Vorbemerkungen¹

Die Austenitisierung, bei der ein umwandlungsfähiger Mischkristall gebildet wird, ist ein für viele Wärmebehandlungen von Stählen entscheidender Teilvorgang. Die Bildung des Austenits in Abhängigkeit von den Erwärmungsbedingungen wird in den Zeit-Temperatur-Austenitisierungsschaubildern beschrieben, aus denen der unter bestimmten Wärmebehandlungsbedingungen zu erreichende Austenitisierungszustand abgelesen werden kann. Dieser Zustand wird für technische Zwecke ausreichend beschrieben durch Art und Mengenanteil der vorliegenden Phasen sowie die Korngröße. Bei Abkühlung nach einer Austenitisierung bestimmt vor allem die Korngröße nachhaltig die Form der bei der Umwandlung entstehenden Phasen und damit die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes. Bei gleicher Streckgrenze und Festigkeit ist die Zähigkeit eines Stahles um so besser, je feiner die Gefüge ausgebildet sind, was durch eine kleine Austenitkorngröße begünstigt wird, die daher bei allen Austenitisierungen anzustreben ist.

Unmittelbar nach der Bildung beim Erwärmen sind die Austenitkörner noch fein, wachsen aber mit zunehmender Haltedauer um so schneller an, je höher die Glühtemperatur ist, wie aus Abb. 1 hervorgeht. Im Bereich üblicher Austenitisierungstemperaturen kann man, wie Abb. 2 zeigt, durch fein verteilte Ausscheidungen wie Aluminium-Nitride das Wachsen der Austenitkörner behindern, was unter anderem in den sog. Feinkornbaustählen ausgenutzt wird. Bei Temperaturen oberhalb von 1100° C gehen die Aluminium-Nitride jedoch in Lösung, die Behinderung des Kornwachstums entfällt, und die Austenitkörner werden größer (vgl. Abb. 1 und 2).

¹ Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 10.

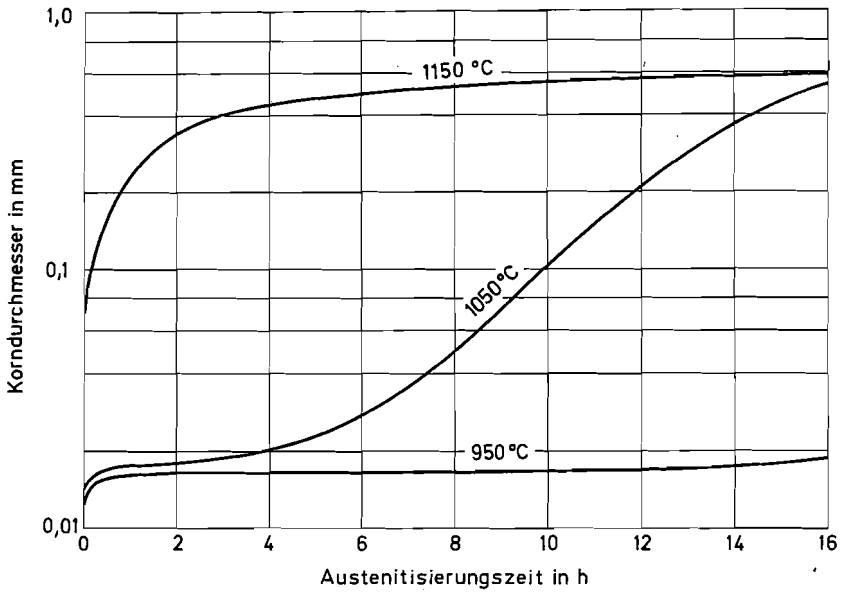


Abb. 1. Änderung der Austenitkorngröße mit der Glühtemperatur und -zeit

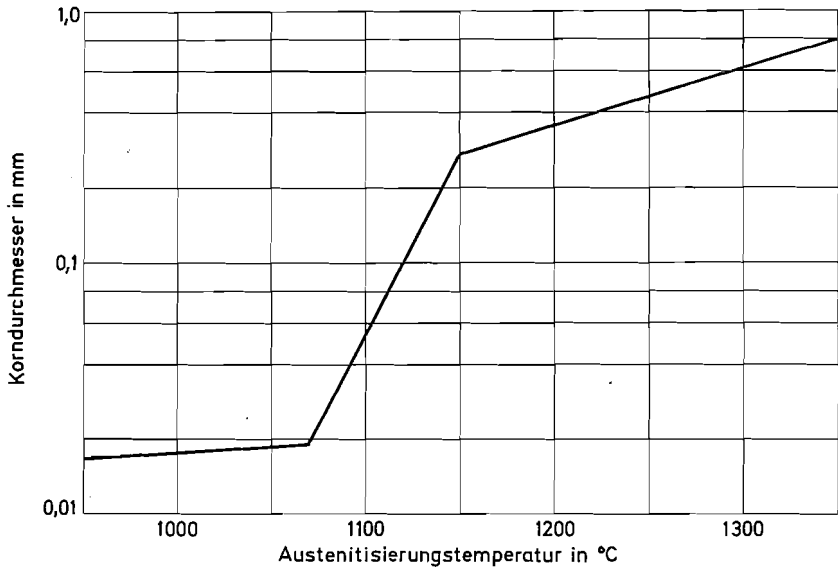


Abb. 2. Änderung der Austenitkorngröße mit der Austenitisierungstemperatur; Glühzeit 30 Minuten

Zur Entstehung des Films

Die vorliegenden Filmaufnahmen wurden im Rahmen einer Untersuchung über die Kornwachstumsbehinderung aufgenommen. Sie geben einen Eindruck von der Bildung des Austenitkornes sowie seinem Wachsen bei hohen Temperaturen.

1. Versuchsdurchführung

Erwärmt man eine polierte Stahlprobe unter Vermeidung einer Oxydation, so entstehen an den auf die Oberfläche stoßenden Korngrenzen durch Abdampfen und Diffusion — die sogenannte thermische Ätzung — Gräben, die bei geeigneter Beleuchtung sichtbar werden. Diese Gräben bilden sich allerdings nur aus, wenn eine Korngrenze längere Zeit an einer Stelle liegen bleibt. Wandert sie weiter, so wird der Graben wieder aufgefüllt. Sobald die Korngrenze zum Stillstand kommt, entsteht ein neuer Graben. Dies bedeutet, daß Korngrenzen an einer Oberfläche nur sichtbar werden, wenn sie längere Zeit festliegen. Die Beobachtung eines Grabens an der Oberfläche bedeutet daher lediglich, daß an dieser Stelle eine Korngrenze liegt oder gelegen hat. Zum Zeitpunkt der Beobachtung kann sie sich bereits verschoben haben, der neue Graben ist jedoch noch nicht entstanden, der alte noch nicht eingeebnet. Für die Beurteilung der Filmaufnahmen ist ferner zu beachten, daß die beobachtete Oberfläche selbst eine festliegende Korngrenze darstellt und damit Form und Größe der darunterliegenden Körner beeinflußt. Die an der Oberfläche sichtbaren Korngrößen sind daher nicht kennzeichnend für diejenigen im Innern der Probe.

Bei den Untersuchungen wurde stets kontinuierlich erwärmt, da die verwendete Versuchseinrichtung eine isothermische Austenitisierung nicht erlaubt. Die Proben waren aus Stählen vom Typ St-52 mit 0,17% C, 0,50% Si und 1,30% Mn.

Die Aufnahmen im ersten Teil des Films beginnen bei Temperaturen unterhalb der Umwandlung und zeigen die Korngrenzen des Ferrits, die dann von den Austenitkorngrenzen überdeckt werden. Der zweite Teil des Films zeigt im wesentlichen Verschiebungen von bereits gebildeten Austenitkorngrenzen. Alle Korngrenzen werden erst bei Temperaturen sichtbar, die weit oberhalb der Entstehungstemperatur des jeweiligen Kornes liegen. Dies ist auf die lange Zeitdauer zurückzuführen, die vor allem bei niedrigen Temperaturen erforderlich ist, um die Gräben an den Korngrenzen so weit zu vertiefen, daß sie zu erkennen sind.

2. Versuchseinrichtung

Die Filmaufnahmen wurden im Institut für den Wissenschaftlichen Film in Göttingen mit dem Leitz-Mikroskop-Heiztisch 1750° durchgeführt, wie er bereits für andere Filme verwendet wurde. So zum Beispiel für

den Film E 1150 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1967: „Voreuktoidische Ferritausscheidung in Widmannstätten-Struktur bei Chromstahl“ und den Film E 1151 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1967: „Martensitische Umwandlung von Chrom-Nickel-Stahl—Martensitpunkt 255° C“. Die Temperatur wurde mit Platin-Platinrhodium-Thermoelementen in der Probenhalterung gemessen, der Unterschied zwischen der Temperatur an dieser Stelle und an der Probenoberfläche durch Eichproben bestimmt. Diese Eichproben, welche an der Oberfläche in einer kleinen Ausbohrung Metalle mit genau bekanntem Schmelzpunkt enthalten, werden unter denselben Bedingungen wie die zu untersuchenden Stähle erwärmt und der Schmelzbeginn der Oberfläche beobachtet.

Filmbeschreibung¹

Der Film zeigt in 5 Einstellungen den Übergang vom Ferrit zum Austenit sowie das Wachsen von Austenitkörnern. Abb. 3 zeigt das Gefüge des Stahles, das aus Perlit (dunkle Bereiche) und Ferrit besteht. Im Heiztisch sind lediglich die Ferritkorngrenzen sichtbar, der Perlit kann nicht beobachtet werden. Die in den Titeln angegebenen Temperaturbereiche geben die Temperaturen der Probenoberfläche bei Beginn und Ende der jeweiligen Sequenzen an, die Temperaturerhöhung über diesen Bereich war in erster Näherung linear.

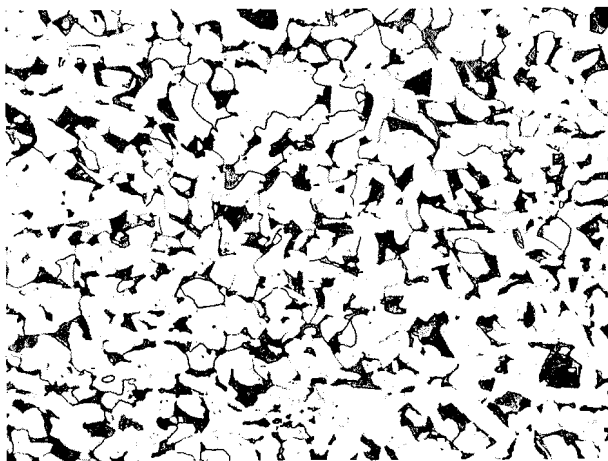


Abb. 3. Gefüge eines Stahles St-52

¹ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

Die Bildung des Austenits beginnt in Bereichen, in denen Ferrit und Perlit aneinander grenzen. Die ersten, sehr feinen Austenitkörner wachsen schnell bis zu einer durch die jeweilige Temperatur bedingten Größe. Bei einer Temperatur von 950° C wächst das Korn dann nur noch langsam, die Korngrenzen werden im Heiztisch durch Gräben sichtbar. Die Umwandlung von Ferrit und Perlit in Austenit selbst kann im Heiztisch nicht beobachtet werden. Wird die Temperatur weiter erhöht, so gehen die feindispersen Ausscheidungen zum Teil in Lösung. Die Fixierung der Korngrenze ist nicht mehr wirksam, und das Korn wächst bis zu einer neuen, durch die Temperatur festgelegten Größe an (Abb. 1 und 2). Die Austenitkörner entstehen an bevorzugten Stellen innerhalb des Gefüges, bei ihrem Wachstum sind sie jedoch weitgehend unabhängig von dem Ausgangsgefüge, so daß das Netzwerk der Austenitkorngrenzen, wenn es im Heiztisch sichtbar wird, keine Beziehung zu dem Netzwerk der Ferritkorngrenzen hat. Dieser Vorgang wird in den ersten drei Einstellungen des Films gezeigt.

Die Einstellungen 4 und 5 veranschaulichen die Verschiebung einer Austenitkorngrenze. Die gewählten hohen Vergrößerungen, die für eine deutliche Erkennung erforderlich sind, bedingen, daß man bei Beginn der Aufnahme die Kamera auf eine Korngrenze einstellen und dann warten muß, bis diese Korngrenze wandert. Die angegebenen Temperaturbereiche sind daher nicht kennzeichnend für das allgemeine Kornwachstum der Proben.

Temperaturbereich etwa 700 bis 1150° C

Dauer der Temperaturerhöhung 10 min

2 B/s

Bildfeldbreite etwa 320 µm

1. In der ersten Einstellung sieht man zunächst, wie sich das Ferritkorn zunehmend deutlicher ausbildet. Es verblaßt dann zugunsten eines langsam hervortretenden großen Austenitkornes. Die zuerst sichtbar werdenden Korngrenzen sind nicht stabil, sie verschwinden wieder zugunsten anderer Lagen. Während dieses Vorgangs erkennt man eine Reihe von dicht nebeneinanderliegenden Stufen, welche die Verschiebungen der Korngrenze anzeigen. Das Netz der Austenitkorngrenze hat keinen Zusammenhang mit den Ferritkorngrenzen.

2. In Einstellung 2 werden die Ferritkorngrenzen am Anfang bereits zurückgebildet, es entstehen Austenitkorngrenzen, die nur schwach zu erkennen sind. Eine Fokussierungsänderung führt zu einer besseren Erkennbarkeit der Austenitkorngrenzen. Die zunächst gebildeten Korngrenzen verschwinden zugunsten eines neuen Kornes, das sich in Bildmitte aufbaut. Ein Wachstumsvorgang ist in dieser Einstellung nur andeutungsweise zu sehen.

3. In Einstellung 3 entstehen Austenitkorn Grenzen, die nach einer geringfügigen Verschiebung stehenbleiben und damit deutlich erkennbar werden. An dem unteren Korn bildet sich ein „Austenitzwilling“ aus.

Temperaturbereich etwa 1000 bis 1300°C

Dauer der Temperaturerhöhung 8 min

(Mit Wiederholung)

4. und 5. Die Einstellungen 4 und 5 enthalten Aufnahmen, in denen die Verschiebung von Austenitkorn Grenzen gut zu verfolgen ist. Die Einstellung 4 beginnt bei 1000°C, so daß neben dem Ferrit bereits das Austenitkorn sichtbar wird. In Abb. 4 ist die Lage eines Punktes, an

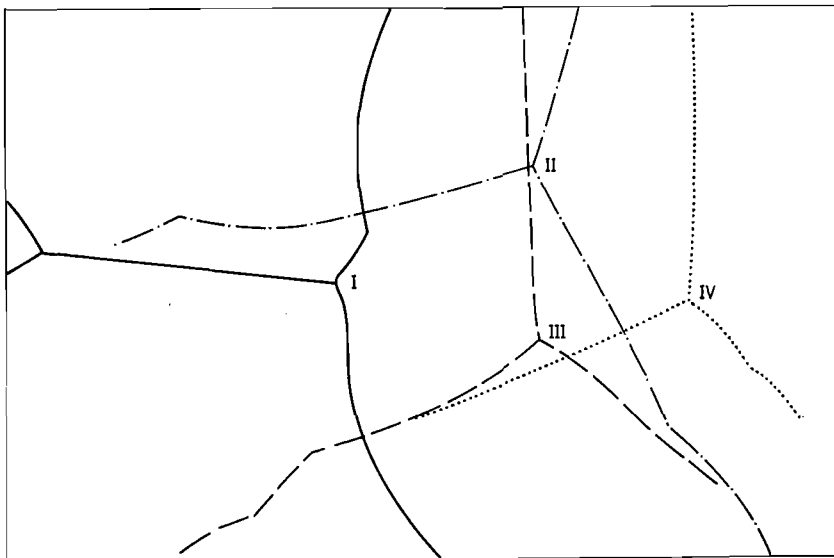


Abb. 4. Verschiebung der Austenitkorn Grenzen in Einstellung 4.
Zeitlicher Ablauf von „I“ nach „IV“

dem drei Austenitkorn Grenzen aneinanderstoßen, bei Beginn der Einstellung mit „I“ bezeichnet. Dieser Punkt geht über die Positionen „II“ und „III“ in die Position „IV“. Die Positionen „II“ und „III“ werden nur kurze Zeit eingehalten, so daß sie nicht leicht zu erkennen sind. Aus diesem Grunde wird die Aufnahme wiederholt.

Temperaturbereich 1000 bis 1100°C
Dauer der Temperaturerhöhung 45 min
30 B/min
(Mit Wiederholung)

6. und 7. Abb. 5 zeigt die Lage der Korngrenzen bei Beginn der Einstellung 6 als Lage „I“. Die noch nicht ganz eingeebneten Gräben der ehemaligen Ferritkörner sind in der Zeichnung nicht dargestellt. Zunächst verschiebt sich lediglich die mittlere Korngrenze in die punktiert gezeichnete Lage im Sinne einer Begradigung. Dann wandert jedoch die Korngrenze mit beiden Knotenpunkten über die Position „II“ in die Position „III“. Am Ende der Einstellung sind alle vorherigen

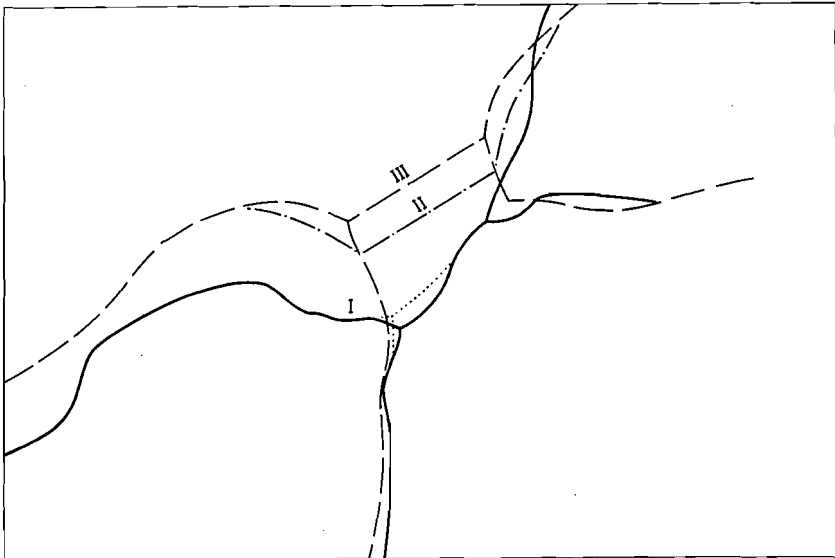


Abb. 5. Verschiebung der Austenitkorngrenzen in Einstellung 5.
Zeitlicher Ablauf von „I“ nach „III“

Positionen noch zu erkennen, so daß die Bewegung der Korngrenze sehr gut verfolgt werden kann. Die Wiederholung dieser Aufnahme beginnt mit der Entstehung der Position „II“, die Ausbildung der Begradigung der Lage „I“ wurde weggelassen.

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. H. P. HOUGARDY, Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH,
4000 Düsseldorf, Max-Planck-Str. 1.

Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1975 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 76 m, 7 min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden im Jahre 1969. Veröffentlichung aus dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf, Dr.-Ing. H. P. HOUGARDY, Dr.-Ing. H.-J. PIETRZENIUK, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Ing. G. HUMMEL.

Inhalt des Films

Die Bildung und das Wachsen von Austenitkörnern beim Erwärmen eines ferritisch-perlitischen Stahles St 52 wird in mikrokinematographischen Aufnahmen gezeigt. Wird die polierte Oberfläche der Proben in einem Heitzschmikroskop beobachtet, werden die Austenitkorgrenzen als Gräben sichtbar. Das Kornwachstum erkennt man an dem Verschwinden und der Neubildung dieser Gräben.

Summary of the Film

The formation and growth of austenite during heating a ferrite-pearlite steel St 52 is shown using cine film. During observation of the polished surface of the specimen in a hot stage microscope the austenite grain boundaries are visible as grooves. The growth of the grains is indicated by the disappearance and the new formation of such grooves.

Résumé du Film

La formation et la croissance de grains d'austénite lors de l'échauffement de l'acier St 52, qui est à l'origine ferritique/perlitique, sont montrées dans des prises de vues microcinématographiques. En observant la surface polie des échantillons au microscope à tablechauffante, on voit les fossés qui constituent les limites entre les grains d'austénite. La croissance des grains se reconnaît à la disparition et à la reformation de ces fossés.