

METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR BEURTEILUNG METALLISCHER WERK- STOFFE NACH RICHTREIHEN

Mit 5 mehrteiligen Abbildungen Von DR. ERICH v. GRAFF, Linz a. d. D.

Die rasch fortschreitende Entwicklung der Technik in Steigerung der Leistungsfähigkeit auf dem Gebiete des Maschinenbaues, in der Konstruktion nach Richtung der Leichtbauweise, im chemischen Apparatebau sowie auf vielen anderen Gebieten, in denen vornehmlich die metallischen Werkstoffe zur Verwendung gelangen, brachte es naturnotwendig mit sich bzw. machte es zur Voraussetzung, daß auch die Werkstoffe mit dieser Entwicklung Schritt hielten. Dies bedingte nicht nur Auswertung der Erfahrungen und Erkenntnisse bei Herstellung der Metalle, also auf dem rein metallurgischen Sektor durch Verbesserung der Schmelzverfahren, der Legierungstechnik und der Weiterverarbeitung, vielmehr erstreckten sich die Anforderungen auf allgemeine qualitative Wertsteigerung durch systematisches Zusammenwirken aller Faktoren, die es ermöglichen, diesen Forderungen gerecht zu werden. Dies erfordert eine Steigerung der den Baustoff charakterisierenden Qualitätswerte auf ein zulässiges Optimum, soweit dies durch die metallurgischen Maßnahmen gewährleistet werden kann.

Diese Qualitätswerte werden im allgemeinen durch Zahlenwerte ausgedrückt, die sich aus der üblichen Werkstoffprüfung ergeben. Diese umfaßt zunächst die chemische Analyse, die ihrerseits bereits in der Lage ist, einmal einen Einblick in die Legierungszusammensetzung sowie in beschränktem Umfang auf den Reinheitsgrad zu geben und zum anderen bereits Einblick auf die zu erwartenden mechanischen Eigenschaften gestattet. Weiters sind es die Werte der mechanischen Prüfung — der statischen sowie dynamischen —, welche den Anforderungen möglichst angepaßt, über die entsprechenden Eigenschaften Aufschluß geben. Diese Kennwerte finden dann je nach Beanspruchung noch durch magnetische und elektrische Prüfmethode sowie durch spezifische Prüfungen, wie z. B. auf Korrosion u. a. m., zweckentsprechende Ergänzung.

Gestatten diese Prüfungen bereits eine weitgehende Beurteilung des Werkstoffes hinsichtlich seiner Eigenschaften, so geben sie dennoch kein vollständiges Bild. Sie sagen insbesondere nichts über den inneren kristallinen Aufbau der Materie aus, der doch nach den Erkenntnissen der kristallographischen Forschungen von wesentlichem Einfluß auf die Qualität ist. Der Gefügebau steht nicht nur mit den mechanischen Eigenschaften des metallischen Werkstoffes zumeist in ursächlichem Zusammenhang, sondern gibt auch Aufschluß über die metallurgische Güte desselben und gestattet darüber hinaus auch zu beurteilen, welche Maßnahmen primärer Natur beim Erhitzen des Werkstoffes oder sekundär, z. B. in der wärmetechnischen Behandlung, zu ergreifen sind, um die geforderten optimalen Eigenschaften desselben in bezug auf seine Verwendung und Beanspruchung zu erreichen.

Neben der kristallographischen Ausbildung der Struktur sind es dann noch die während der Erstarrung des flüssigen Metalles aus der Mutterlauge zur Ausscheidung gelangenden Verunreinigungen, als auch solche, welche aus der Schlacke, dem Ofenfutter oder aus der Pfanne in die Schmelze gelangen und weiters noch während der Erstarrung sich bildende und ebenfalls zur Ausscheidung gelangende Reaktionsprodukte, welche die Qualität des Werkstoffes nicht unwesentlich beeinflussen. Alle diese werden, sofern sie nicht bereits im Bruchgefüge deutlich in Erscheinung treten, ebenso wie die kristalline Struktur nach entsprechender Vorbereitung der zu untersuchenden Proben mit Hilfe des Metallmikroskopes dem Auge ersichtlich gemacht (1).

Während nun die mechanische Werkstoffprüfung frühzeitig Eingang und Anwendung sowohl in der metallerzeugenden wie auch -verarbeitenden Industrie gefunden hat, hat sich die metallographische Untersuchung erst verhältnismäßig spät mit deren fortschreitender Entwicklung in den praktischen Methoden sowie in Abhängigkeit von der voranschreitenden Forschung den ihr gebührenden Platz erobert.

Die Umständlichkeit der Probenvorbereitung und der Arbeitsmethodik war wohl Mitursache dafür, daß die Metallographie in der Praxis zunächst nur dann Anwendung fand, wenn es galt, Ursachen von Schadensfällen festzustellen, die durch nachträgliche mechanische Prüfung allein nicht genügend Aufklärung fanden. Allmählich aber, mit Erkenntnis der Bedeutung dieser Untersuchungsmethode, gewann die Metallographie rasch weiter an Boden und stellt heute eine unerläßliche, nicht mehr zu missende Arbeitsweise im Gange der Herstellung und Verarbeitung der Metalle dar. Die Scheu gegen Aufwand an Zeit und Kosten ist gegenüber der Auswertung und Auswirkung in bezug auf Qualitätsfertigung längst überwunden. Der einzige Nachteil bei der systematischen Anwendung, der noch anhaftete, war der, daß die Ergebnisse meist wortreiche Berichte, mit oft einer Unzahl von Mikro- Photographien belegt, erforderten, während jene der mechanischen und physikalischen Prüfung in Zahlenwerten ausgedrückt, sofort ein deutliches Bild geben.

Es lag somit nahe, Mittel und Wege zu suchen, welche auch die Auswertung der metallographischen Untersuchungen in möglichst übersichtlicher, rasch zu erfassender Weise, womöglich ebenfalls durch Zahlenwerte ausgedrückt, gestatten. Bei der Mannigfaltigkeit der zu erfassenden Beurteilungsgrundlagen ist eine einheitliche Bewertungsreihe praktisch unmöglich, und es wird fallweise zu bestimmen sein, welche Form der Bewertungsgrundlage zu wählen ist. Dies richtet sich vornehmlich nach Verwendungszweck und Beanspruchung und nicht zuletzt nach den primären metallurgischen Vorgängen, welche für die Ausbildung des zu beurteilenden Zustandes mitbestimmend sind. Aus diesem Bestreben heraus nach rascher, leicht faßlicher metallographischen Bewertung, entwickelten sich die Richtreihen, die bereits auf anderen Gebieten mit Vorteil Anwendung gefunden haben (2). Sie erhalten ihre besondere Bedeutung dadurch, daß sie bei zweckentsprechender Durchführung und möglichst vereinheitlichter Arbeitsweise in verhältnismäßig kurzer Zeit ermöglichen, von der untersuchenden Stelle aus

dem Betrieb in bestimmten Fällen jene Unterlagen an die Hand zu geben, die dieser zur Erreichung der optimal zu fordernden Eigenschaften benötigt. Dies kann in einem Falle der Schmelzbetrieb, z. B. das Stahlwerk sein oder, falls es sich um später zu ergreifende Maßnahmen handelt, ein nachfolgender Bearbeitungsbetrieb, wie z. B. das Walzwerk, die Schmiede oder jener Betrieb, dem die Warmbehandlung des Werkstoffes in irgendeiner Form obliegt.

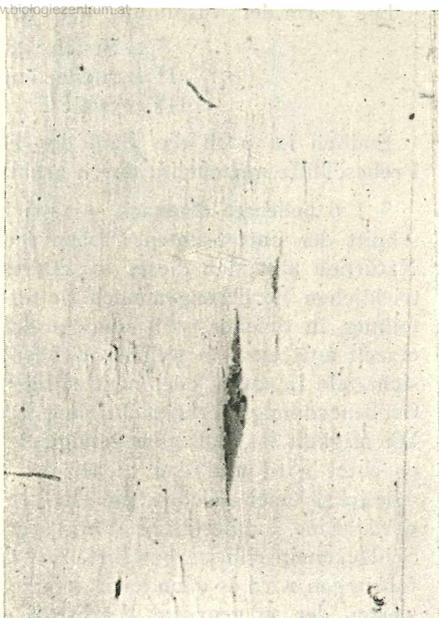
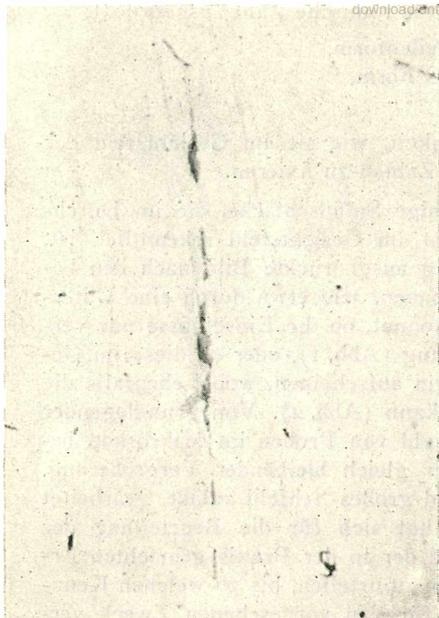
Die Anwendungsmöglichkeiten sind hiebei, wie schon erwähnt, sehr mannigfaltig und sind demnach die zu wählenden Richtreihen in verschiedene zweckentsprechende Gruppen zu unterteilen. Sie haben bereits in der Eisenindustrie breiten Fuß gefaßt und dies nicht nur im Rahmen einzelner Werke, sondern auch zu vergleichender Qualitätsbeurteilung gleichartiger Werkstoffe, von verschiedenen Werken geliefert, Anwendung gefunden und so zum Austausch von Erfahrungen und zur wetteifernden Qualitätsverbesserung viel beigetragen (3, 4).

Aus der Unzahl der Möglichkeiten zur Schaffung solcher Richtreihen auf dem Gebiete der Metalle, speziell unter Zuhilfenahme des Metallmikroskopes, seien im nachfolgenden einige praktische Anwendungsbeispiele aus dem Gebiete „Stahl“ angeführt, die, der Praxis angepaßt, sich beliebig erweitern lassen, wobei jedoch, soll der Zweck erfüllt werden, eine wohldurchdachte Auswahl bei systematischem Aufbau getroffen werden muß. Erfahrung und richtige Auswertung in engster Zusammenarbeit der untersuchenden Stellen mit dem Betrieb nur garantieren einen Erfolg. Für die Schaffung solcher Richtreihen muß allgemein angestrebt werden, daß die Prüfbedingungen so festgelegt sind, daß wiederholbare, möglichst objektive Ergebnisse anfallen, die, in Zahlen oder Kennwerten ausgedrückt, leicht erfaßbar sind. Weiters müssen sie auch unter verschiedenen Umständen leicht reproduzierbar sein und vor allem muß eine genügend große Zahl von grundlegenden Ergebnissen aus jedem einzelnen Gruppengebiet vorliegen, die als Standardwerte zugrunde gelegt werden.

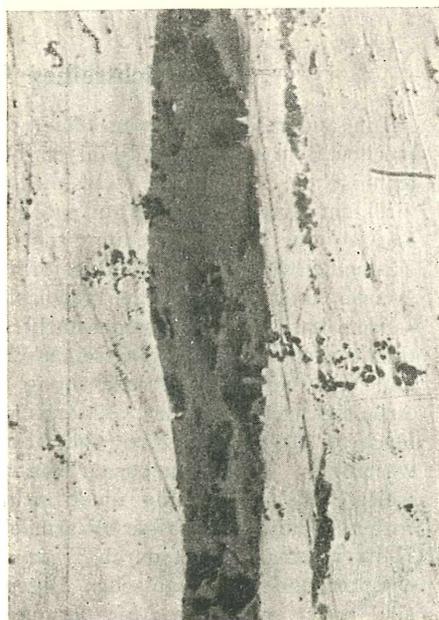
Richtreihen für Schlackeneinschlüsse

Die im Stahl sich vorfindenden Schlackeneinschlüsse sind als Fremdkörper zu werten, welche je nach Verwendungszweck des Stahles dessen Eigenschaften in größerem oder geringerem Umfang nachteilig beeinflussen. Je nach Natur derselben, Art der Ausbildung und Häufigkeit kann ihre Gegenwart den Werkstoff für den vorgesehenen Zweck unbrauchbar machen. Es ist daher ganz wesentlich, sich so rasch als möglich, ehe weitere Arbeit aufgewendet wird, ein klares Bild darüber zu verschaffen, um eine Entscheidung treffen zu können. Bei Aufstellung einer Richtreihe für Schlackeneinschlüsse wird man daher vorteilhaft so verfahren, daß man zunächst eine Gruppierung nach Natur der Schlacken vornimmt und diese etwa durch Buchstaben kennzeichnet, z. B.:

S = Sulfidschlacke,
O = Oxydschlacke.



b



c

Abb. 1. In der Walzrichtung gestreckte Sulfid-Einschlüsse verschiedener Größenordnung: a klein, b mittel, c groß.

Die Form der Ausbildung wird durch eine römische Zahl ausgedrückt:

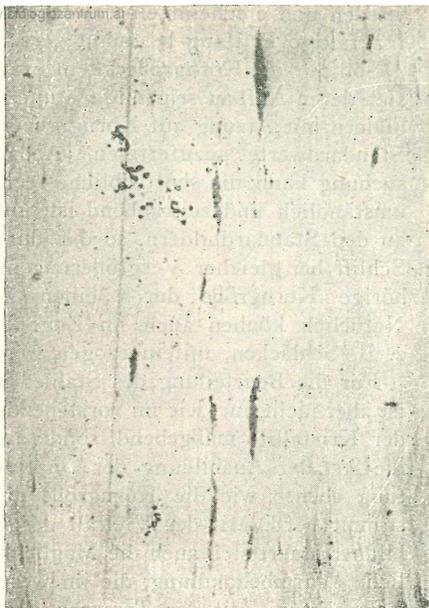
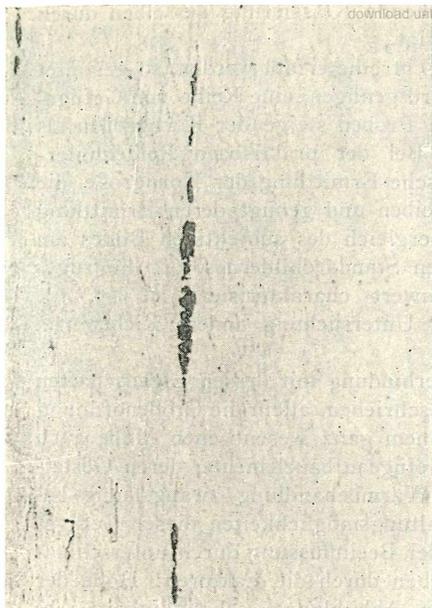
- I = Strich- oder Zeilenform,
- II = runde, kugelige Form,
- III = ovale Form.

Endlich ist noch die Zahl der Häufigkeit, wie sie im Gesichtsfeld der Probenschliffe aufscheint, durch arabische Zahlen zu fixieren.

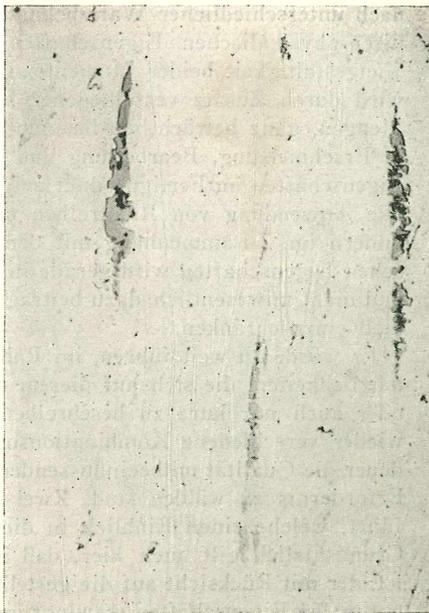
S I 6 bedeutet demnach — strichförmige Sulfidschlacke, die im Durchschnitt der untersuchten Proben sechsmal im Gesichtsfeld erkenntlich ist. Natürlich läßt sich dieses so zahlenmäßig ausgedrückte Bild nach den betrieblichen Forderungen noch weiter ausbauen, wie etwa durch eine Unterteilung, in welcher noch zum Ausdruck kommt, ob die Einschlüsse nur einzeln auftreten, in welcher Größenordnung (Abb. 1), oder ob diese im Gesichtsfeld in zwei- oder mehrzeiliger Form aufscheinen, wobei ebenfalls die Größenordnung Berücksichtigung finden kann (Abb. 2). Von grundlegender Wichtigkeit ist, daß eine genügende Anzahl von Proben im Mikroskop beobachtet wird und daß hiebei bei immer gleich bleibender Vergrößerung, möglichst einer solchen, die ein genügend großes Sehfeld zuläßt, gearbeitet wird. Eine hundertfache Vergrößerung hat sich für die Beurteilung der Schlackeneinschlüsse bewährt. Auf Grund der in der Praxis gemachten Erfahrungen wird es dann leicht möglich sein zu urteilen, bis zu welchen Kennwerten der so geprüfte Werkstoff noch für den vorgesehenen Zweck verwendbar ist oder welchem anderem Verwendungszweck er vorteilhaft zugeführt werden kann.

Richtreihen für Korngrößen

Ein anderes Anwendungsgebiet der mikroskopischen Reihenprüfung zur raschen Beurteilung von Stahl ergibt sich in der Prüfung auf Korngröße im technischen Eisen. Diese steht mit der Wärmebehandlung des Werkstoffes in direktem Zusammenhang und macht sich besonders da entscheidend bemerkbar, wo eine Kaltverarbeitung im Herstellungsgange eingeschaltet ist. Durch Zusammenwirken einer Kaltverformung innerhalb bestimmter Verformungsgrenzen und nachfolgende Warmbehandlung in einem ebenfalls bestimmten — dem kritischen — Temperaturbereich erfolgt eine Grobkorn-Rekristallisation, welche die Festigkeitseigenschaften des Eisens wesentlich beeinflußt und eine weitere Kaltverformung hemmt oder ganz ausschließt. Solche Arbeitsgänge mit diesen Gefahrenmomenten treten beim Walzen von Feinblechen, Kaltwalzbändern und beim Drahtziehen auf. Hier erscheint es wesentlich, jene Grenzkorngrößen zu erfassen, deren Überschreitung eine weitere Kaltverformung nicht mehr zulassen bzw. jene Grade der Verformung mit zugehöriger Warmbehandlung zu ermitteln, welche weitere Kaltverformung z. B. durch Tiefzug zur Herstellung des Endproduktes bei entsprechenden mechanischen Eigenschaften zuverlässig gewährleisten. Es sind meist sehr hohe Anforderungen, die hiebei an den Werkstoff gestellt



b



c

Abb. 2. Sulfid-Einschlüsse in verschiedener Anordnung: a einzeilig, b zweizeilig, c dreizeilig.

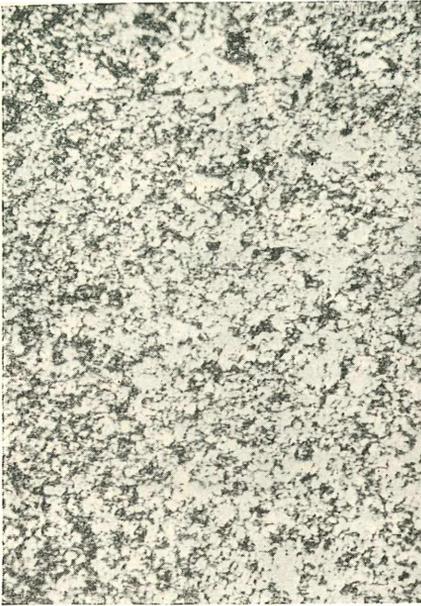
werden und erscheint eine zweckentsprechende Klassierung desselben durch sorgfältige Prüfung bestimmt gerechtfertigt.

Soll nur die Korngröße allein in der Richtreihe erfaßt werden, so gestaltet sich deren Aufbau sehr einfach und es wird genügen, eine Reihe von Gefügebildern mit Ätzung auf Korngrenzen von Proben steigender Korngrößen als Standardwerte anzufertigen (Abb. 3). Bei der praktischen Reihenuntersuchung kann die sonst übliche rechnerische Ermittlung der Korngröße, die umständlich und zeitraubend ist, unterbleiben und genügt deren Ermittlung an den Standardbildern, so daß durch Vergleich des subjektiven Bildes am Schliff bei gleicher Vergrößerung mit den Standardbildern sofort die zugehörige Korngröße durch einen Zahlenwert charakterisiert ist (5, 6). Natürlich können auch im Zuge dieser Untersuchung andere Richtwerte, z. B. Schlacken, miteinbezogen werden.

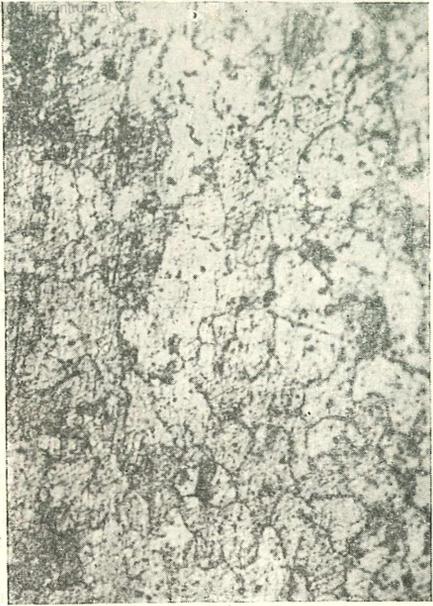
Für die Beurteilung des Stahles in Verbindung mit dessen Eigenschaften ist aber nicht nur, wie im vorstehenden beschrieben, allein die Größenordnung der Kristallite maßgebend, sondern in einem ganz wesentlichen Maße auch die Art der Ausbildung der einzelnen Gefügebrauelemente, deren Gestaltung ebenso wie die Korngröße durch Warmbehandlung zwangsläufig bestimmt wird. Mit der Vielfalt der Gestaltungsmöglichkeiten dieser Gefügebilder mehrte sich auch die Möglichkeit der Beeinflussung durch unterschiedliche Warmbehandlung, die im wesentlichen durch die Faktoren: Höhe der Temperatur, Zeit der Temperaturhaltung, Abkühlungsgeschwindigkeit, Abschreck- und endlich Anlaßtemperatur bestimmt wird. Auch hier stehen die nach unterschiedlicher Warmbehandlung erhaltenen Gefüge mit den mechanisch-physikalischen Eigenschaften in ursächlichem Zusammenhang. Die Vielgestaltigkeit beider Momente, Gefügebildung und Warmbehandlung, wird durch Zusatz verschiedener Legierungselemente, oft nur in geringen Mengen, ganz beträchtlich beeinflußt und vermehrt. Geringe Abweichungen in Erschmelzung, Bearbeitung und Behandlung können bereits ganz andere Eigenschaften im Fertigprodukt zeigen als erwünscht bzw. gefordert werden. Die Anwendung von Richtreihen nach mikroskopisch festgelegten Gefügebildern im Zusammenhang mit den jeweils erzielten mechanisch-physikalischen Eigenschaften wird gerade in der Serienfertigung gute Dienste leisten und nicht unwesentlich dazu beitragen, eine Fehlerzeugung auf das Mindestmaß einzuschränken.

Es würde zu weit führen, im Rahmen dieses Aufsatzes alle Anwendungsmöglichkeiten, die sich auf diesem umfassenden Gebiet ergeben, anzuführen oder auch nur kurz zu beschreiben. Erwähnt sei nur, daß sich auch hier wieder verschiedene Kombinationsmöglichkeiten durch Beachtung verschiedener die Qualität mitbeeinflussender Momente bieten, die je nach gegebenem Erfordernis zu wählen sind. Zwei Beispiele seien im nachstehenden angeführt, welche einen Einblick in dieses Anwendungsgebiet gewähren sollen. Grundsätzlich gilt auch hier, daß immer jener Gefügestand anzustreben ist, der mit Rücksicht auf die gestellten Anforderungen im Fertigprodukt die optimalen Eigenschaften erzwingt und darnach ist in Abhängigkeit vom Aus-

a



b



c



Abb. 3. Nach Kaltverformung geglühter Bandstahl: a feinkristallig (richtig geglüht), b gröberes Korn, c im kritischen Temperaturbereich geglüht (Grobkorn-Rekristallisation).

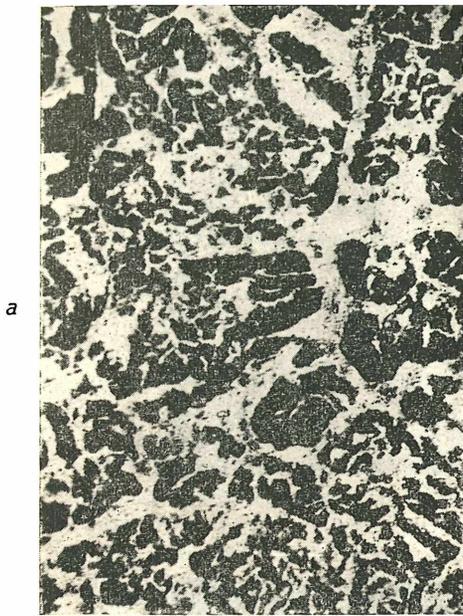
gangsgefüge und der Zusammensetzung des Stahles jede weitere Bearbeitung und Warmbehandlung zu leiten.

Richtreihe für Glühgefüge

Als Beispiel der Beeinflussung durch einfache Glühbehandlung sei der Stahlformguß angeführt. Dieser besitzt in dem Zustand, in welchem er aus der Form gestoßen wird, typische Gußstruktur, und seine mechanischen Eigenschaften liegen, bedingt durch vorherrschende Abkühlungs- und Erstarrungsvorgänge, sehr ungünstig. Durch Glühung dieses Formgusses wird das Gefüge, in Abhängigkeit von Temperatur, Zeit und Abkühlung, nach der Richtung höherer Wertzahlen verändert und durch geeignete Wahl dieser einzelnen Faktoren können hiebei jene Eigenschaften auf einen Höchstwert gebracht werden, welche von dem Gußstück je nach dessen Beanspruchung gefordert werden. Abb. 4 gibt in drei Bildern das Gefüge wieder, (a) zeigt es im Gußzustand, (b) gibt es nach Normalglühung wieder; in diesem letzteren Zustand sind die Gußspannungen aus dem Stück entfernt, und das Gefüge hat eine Umwandlung nach kleinerem Korn bei Erhöhung der mechanischen Eigenschaften erfahren. Schließlich gibt (c) das Gefüge desselben Gußstückes nach Glühung auf Feinkorn wieder; die mechanischen Eigenschaften, insbesondere die Kerbzähigkeit, wurde weiter günstig beeinflusst. Eine Klassifizierung würde vorteilhaft die Korngröße sowie Art der Gefügeausbildung in Abhängigkeit von den mechanischen Eigenschaften zum Ausdruck bringen. Für hochbeanspruchte Maschinenelemente ist neben deren Festigkeit nicht nur die jeweils erforderliche Mikrostruktur, sondern meist auch in besonderem Maße deren Reinheitsgrad, Lagerung, Form und Art der Fremdeinschlüsse mit von ausschlaggebender Bedeutung. In einem solchen Fall wird man dementsprechend mehrfach Richtreihen aufstellen, um ein eindeutiges Urteil zu erhalten. Dies gilt in gleichem Maß wie für den Maschinenbau auch für Walz- und Schmiedeprodukte für Baustähle.

Richtreihe für Härtungsgefüge

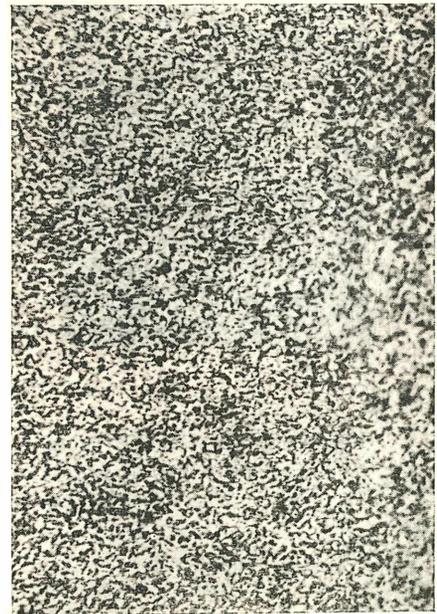
Mannigfaltiger gestaltet sich dann die Anwendung von metallographischen Gefügerichtreihen auf dem weiten Gebiete der Vergütung und Härtung von Vergütungs- und Werkzeugstahl. Die Ausbildungsformen der Gefügebildner, die in ihrer Art je nach Ausgangszustand und Warmbehandlung sehr verschiedenartig sein können, sind für Festigkeit, Widerstandsfähigkeit sowie für Leistung und Schnitthaltigkeit bei Werkzeugstählen in weitgehendstem Maße bestimmend. Der Anwendung von Richtreihen bietet sich hier ein fast unerschöpfliches Gebiet und erfordert besondere Beachtung aller bereits vorstehend einmal erwähnten Faktoren. Die Mannigfaltigkeit der Gefügestaltung ist hier in jedem einzelnen Fall derart vielseitig, daß ein wohl-durchdachter Arbeitsplan der Aufstellung einer Richtreihe unter Beachtung der an das Fertigprodukt zu stellenden Anforderungen unerläßlich ist. Nicht



a



b



c

Abb. 4. Stahlformguß: a Gußzustand, b normalisiert, c auf Feinkorn gegliiht.

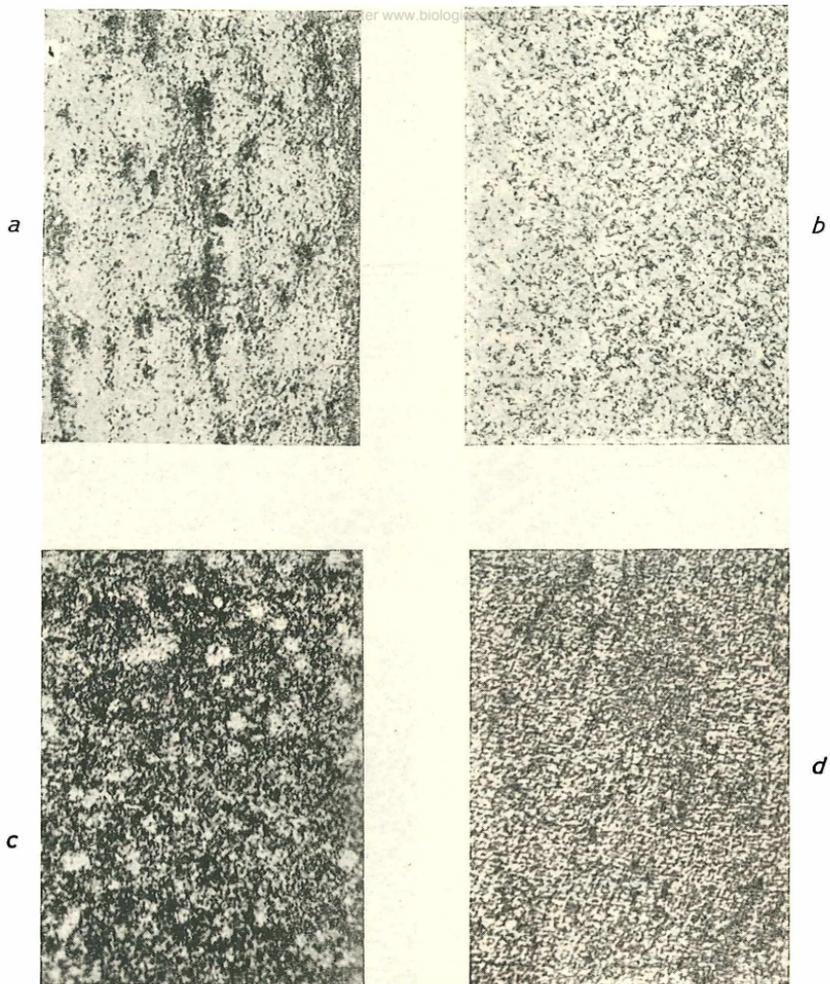


Abb. 5. Chrom-Nickel-Vergütungsstahl: a Walzzustand, b vor Härtung geglüht, c von Härtetemperatur abgeschreckt, d auf vorgeschriebene Härte (Festigkeit) angelassen.

nur Richtreihen unter Zugrundelegung der Feinstruktur werden hier zu Erfolg führen, sondern auch die Aufstellung von solchen Richtreihen, aufgebaut auf makroskopisches Bruchgefüge, wird ein willkommenes Hilfsmittel darstellen. In Abb. 5 ist ein Beispiel für die Beeinflussung des Gefügeaufbaues von Cr-Ni-Vergütungsstahl wiedergegeben. Sie zeigt die Mikrostruktur des Werkstoffes, wie sie nach einem für diesen Stahl ausgearbeiteten Warmbehandlungsplan, unter Zugrundelegung der im Endprodukt geforderten Eigenschaften erhalten wurde.

Aus diesen wenigen angeführten Beispielen ergibt sich schon, daß es nicht möglich ist, allgemein gültige einheitliche Richtreihen aufzustellen, sondern es wird immer erforderlich sein, für jeden besonderen Fall zweckentsprechende Auswahl und Kombination zu treffen, welche eine richtige Auswertung zuläßt und ein dem Verwendungszweck entsprechendes Endprodukt gewährleistet. Dies scheint nur dann gegeben, wenn auf die Verwendung einerseits, auf die mitbestimmenden und beeinflufbaren Momente im Gange der Erzeugung andererseits bei Kenntnis der Materie Bedacht genommen wird. Engste Zusammenarbeit des Betriebes mit den Prüfstellen ist für den Erfolg ausschlaggebend. Da auch hier Zeit Geldeswert ist, ist es weiterhin notwendig, Ort, Art und Lage der Probenahme nicht zu vernachlässigen, wenn Fehlurteile vermieden werden sollen. Endlich wird auch die Herstellung der Schiffe so gestaltet werden müssen, daß ein geringster Aufwand an Zeit hierfür benötigt wird. Weitgehendst vereinheitlichte Probenform, mechanisierte Schleif- und Poliereinrichtungen sowie elektrolytische Ätzverfahren, sinngemäß angewendet, bieten solche Möglichkeiten.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, ein Bild davon zu geben, wie die Mikroskopie auch auf dem weiten Gebiet der Metallforschung nicht mehr nur in Händen des Forschers zu bescheidenem Dasein in dessen stillen Räumen verurteilt ist, sondern auch dem Praktiker draußen im rauen Betrieb der Metallhütte ein unerläßliches Hilfswerkzeug geworden ist. Was vorerst das Mikroskop nur dem Auge des Forschers geoffenbart, hat bei folgerichtiger Auswertung dieser Erkenntnisse und deren sinngemäßer Übertragung in die Praxis dem Hüttenmann den Weg gewiesen, den er beschreiten muß, um den heute allein schon aus wirtschaftlichen Gründen geforderten Höchstleistungen der Industrieerzeugnisse, auch bei Anlegung strengsten Maßstabes, gerecht werden zu können.

Literatur

1. *Nießner M.*, Die Metallmikroskopie in Wissenschaft und Praxis. Mikroskopie I (1946), 1/2: 6.
2. *Schmaltz A.*, Technische Oberflächenkunde. J. Springer, Berlin, 1936.
3. *Hannemann A.* und *Schrader A.*, Atlas-Metallographikus. Verlag Gebr. Bornträger, Berlin.
4. *Diergarten H.*, Metallwirtschaft 17 (1938), 50: 1328.
5. *Leihener O.*, Die Bedeutung der Korngröße beim Stahl. Stahl und Eisen 56 (1926): 1273—1278.
6. Metal's Handbook. Amer. soc. for metals, Cleveland, Ohio (1936): 580—597.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mikroskopie - Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik](#)

Jahr/Year: 1947

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Graff Erich von

Artikel/Article: [Metallographische Untersuchungen zur Beurteilung metallischer Werkstoffe nach Richtreihen. 30-41](#)