Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 4 (1949)
Heft: 6

Artikel: Wandlungsfähiger Stahl
Autor: Opit, T.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-654158

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wer die Forschungen von Prof. *Ehrenhaft* verfolgt, wird es naheliegend finden, daß *E. Reeger* und *K. Desoyer* kurze Zeit später auch dazu übergingen, das Verhalten ferromagnetischer (ferrum, lat. Eisen) Substanzen in homogenen Magnetfeldern, deren Feldstärke also in allen Punkten gleiche Richtung und Größe hat, unter den neuen Bedingungen zu untersuchen. Wie erwartet, zeigten sich schon in Feldern von nur wenigen Örsted — das ist die nach dem gleichnamigen dänischen Physiker benannte Einheit der magnetischen Feldstärke — die unter dem Namen „Magnetophotophorese" bekannten Erscheinungen. Wieder traten gegenüber den früheren Versuchen wesentlich gesteigerte Geschwindigkeiten auf, und die Erscheinungen waren mit freiem Auge sichtbar. Die Teilchen verhalten sich unter dem Einfluß des Lichtes so, als ob sie einzelne magnetische Nord- oder Südpole wären, sie bewegen sich also im homogenen Magnetfeld in oder gegen dessen Richtung und kehren beim Kommutieren des Feldes, also bei Richtungsänderung des Feldes, ihre Bewegungsrichtung um.

Bei der Beobachtung von Graphitpulver, das ebenfalls schön die Magnetophotophorese zeigt, ergab sich erstmals die Tatsache, daß die beschriebenen stationären Lagen der kreisenden Teilchen nun durch die Lichtintensität und das Magnetfeld bestimmt werden, und zwar sowohl durch die Stärke, als auch durch die Richtung des Feldes.

Diese Entdeckungen sind überaus bemerkenswert, obwohl es eine Erklärung für das Verhalten der tanzenden Teilchen vorläufig noch nicht gibt. Vermutungen, was aus diesen ersten Experimenten einmal werden kann, sind unbedingt verfrüht. Doch unwillkürlich drängt sich eine Anekdote ins Gedächtnis, die man von dem berühmten englischen Physiker Faraday erzählt. Als er einem Minister seinen Grundversuch über die elektromagnetische Induktion vorführte und die Magnetnadel ein klein wenig zuckte, wurde er gefragt: „Schön! Aber wozu soll das gut sein?" Faradays Antwort soll gelautet haben: „Wozu ist ein Baby gut?" — Heute aber gibt es Transformatoren, Dynamos und Elektromotore!

Dr. Walter Fessel, Wien

Wandlungsfähiger Stahl

Wenn seit über viertausend Jahren das Eisen als Werkstoff bekannt und das häufigst verwendete Metall geworden und geblieben ist, so ist das einmal auf das reiche Vorkommen von Eisenoxyden in den zugänglichen Schichten der Erdrinde und ihre leichte Reduzierbarkeit durch Kohlen, zum andern auf die durch kein anderes Element übertroffene Vielseitigkeit der erreichbaren Eigenschaften zurückzuführen. Reines Eisen hat eine Zerreißfestigkeit von etwa 28 Kilogramm je Quadratmillimeter (kg/mm²), aber schon die alten Dombaumeister verwendeten für ihre Dübel, mit denen sie die Steine der Fialen und Maßwerke verbanden, eine bewußt ausgewählte Eisensorte, die man als ein mit 0,2 bis 0,4 Prozent Phosphor legiertes reines Eisen auffassen kann. Mit einer gleichmäßigen Festigkeit von 33 bis 46 kg/mm² erreichten sie so die Werte des heutigen Baustahls.

Schon das Altertum kannte auch eine andere Art der Festigkeitssteigerung, die man heute eine „Legierung mit Kohlenstoff" nennt. Glüht man weiches Eisen längere Zeit unter Luftabschluß mit Holzkohle, so wandert Kohlenstoff in das Eisen ein und verwandelt es in harten und härtbaren Stahl. Durch Kohlenstoff bis zu ein Prozent kann die Festigkeit des reinen Eisens bis auf etwa 60 bis 80 kg/mm² erhöht werden. Die starke Wirkung einer so kleinen Menge erklärt sich daraus, daß der Kohlenstoffgehalt in diesen Stählen in Form des Eisenkarbids auftritt, wobei ein Stahl mit 1 Prozent Kohlenstoff etwa 15 Prozent Karbid enthält. Die Karbidteilchen behindern, vereinfacht erklärt, mechanisch das normalerweise bei höheren Beanspruchungen eintretende leichte Aufeinandergleiten der Kristallebenen des Eisens und erhöhen dadurch den Widerstand gegen Zerreißen.

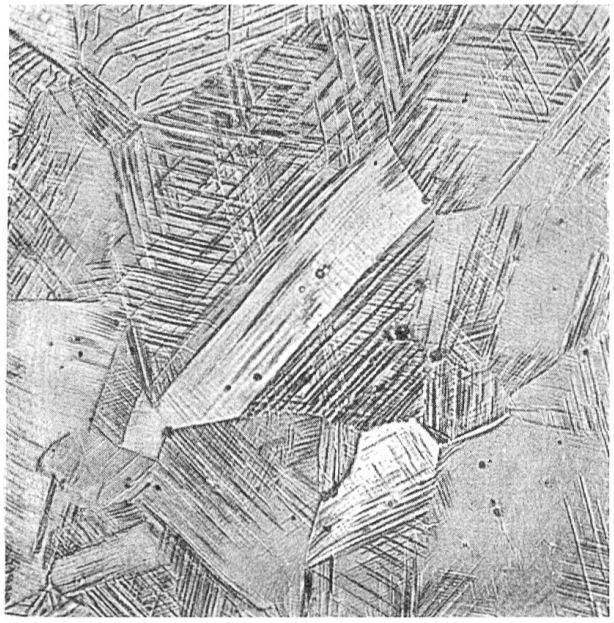
Weit stärker ist die Wirkung des Kohlenstoffs, wenn kohlenstoffhaltiger Stahl auf Temperaturen über 800 Grad C erhitzt und dann rasch abgekühlt wird. Dabei wird das Karbid in Lösung gebracht und beim „Abschrekken" an der vollständigen Wiederausscheidung behindert. Das Verschieben der Kristallebenen wird dann durch eine weit größere Zahl feinstverteilter Sperrteilchen und zusätzlich durch Spannungen behindert. Man sagt: Der Stahl ist gehärtet. Durch das Härten lassen sich reine Kohlenstoffstähle auf eine Festigkeit von mehr als 170 kg/mm² bringen.

Schließlich kann man weiches Eisen und alle zäheren Stähle noch dadurch „kalthärten", daß man sie bei Raumtemperatur durch Hämmern, Walzen oder Ziehen stark verformt. Hierbei tritt wieder eine Blockierung der Gleitflächen ein, die die Steigerung der Härte und Festigkeit hervorruft. Oft wird die Kaltverformung in Verbindung

Feinverteilte Karbidteilchen (körniger Perlit) in einem Stahl mit höherem Kohlenstoffgehalt (etwa fünfhundertfach vergrößert)

mit einer vorausgegangenen Wärmebehandlung angewendet. So werden die höchsten bei Stählen erreichbaren Zugfestigkeiten bis zu 400 kg/mm² bei dünnen Ballonseil-Drähten dadurch erzielt, daß man die Drähte wiederholt wärmebehandelt und auf immer feinere Abmessungen herunterzieht. Auch das Dengeln von Sensen und Sicheln ist eine solche Härtung, die hohe Schneidfähigkeit mit Zähigkeit vereint.

Das Mittelalter kannte für hochwertige Waffen noch eine besondere Art des Härtens, die auf dem gleichzeitigen Einwandern von Stickstoff und Kohlenstoff beruht. Glüht man nach der Wieland-Sage Stahlspäne in Vogelmist, so wird nicht nur Kohlenstoff, sondern auch Stickstoff in der Oberflächenschicht aufgenommen. Die dadurch zweifach gehärteten Späne wurden dann noch mehrmals wieder verschweißt, wieder zerfeilt und in Vogelmist geglüht; schließlich wurde das Schwert in Wasser gehärtet. Dadurch bildet sich ein feinverteiltes Gefüge aus verschiedenen harten und weichen Teilchen, das hervorragende Schneideigenschaften, Härte und gleichzeitig Elastizität aufweist. In etwas anderer Form wurde dieses alte Verfahren der „Karbonitrierung" neuerdings wieder patentiert und zur Herstellung besonders beanspruchter Messer angewendet.

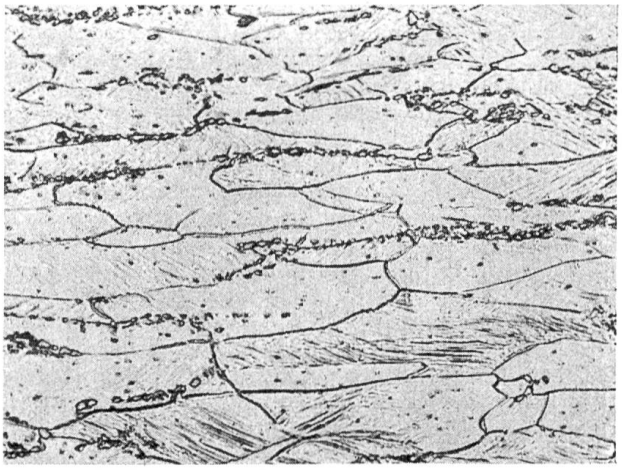


Netzwerk von Gleitlinien in einem abgeschreckten Mangan-Hartstahl. Die regelmäßige Orientierung des Liniensystems in den einzelnen Kristallen ist gut zu erkennen (etwa fünfhundertfach vergrößert)

Seit der Erzeugung flüssigen Stahls werden zusammen mit Kohlenstoff noch eine Reihe anderer „Legierungselemente" verwendet, die entweder in die Grundmasse des Eisens wandern und dabei Art und Ausmaß der Karbidhärtung beeinflussen oder selbst Karbide bilden. Zur ersten Gruppe gehören Mangan, Silizium — beide vor allem für Federstähle —, ferner Nickel, Chrom und Molybdän für hochwertige Baustähle. Chrom und Molybdän gehen teils in die Grundmasse, bilden aber auch, wie Wolfram, eigene harte Karbide. Die sogenannten Schnellarbeitsstähle enthalten so viel Chrom, Molybdän, Vanadin und vor allem Wolfram, daß auch bei Arbeitstemperaturen von 600 Grad die Stähle mit einem hohen Anteil an harten Karbiden hart und arbeitsfähig bleiben. Diese Warmfestigkeit, wie sie durch Chrom, Molybdän und Vanadin bewirkt wird, ist auch die Grundlage einer für die chemische Großindustrie wichtigen Stahlgruppe. Sie ermöglicht den Bau von Reaktionsbehältern, die hohe Drucke noch bei Temperaturen über 500 Grad anwenden lassen. Auch für die Entwicklung der Gasturbinen und Strahlantriebe bilden diese Stähle die Grundlage. Den warmfesten Stählen entsteht heute eine Konkurrenz in keramischen Baustoffen, die innig mit Metallen verbunden sind, so daß die hohe Warmfestigkeit der Keramik mit der Zähigkeit des Metallbestandteils kombiniert ist.

Eine weitere Stahlgruppe entwickelte sich kurz vor dem ersten Weltkrieg aus der von dem deutschen Forscher Monnartz, fast gleichzeitig auch an anderen Stellen gemachten Entdeckung, daß Stähle mit mehr als dreizehn Prozent Chrom weitgehend rostbeständig sind und auch bei heller Rotglut nicht oxydieren. Die Ursache für diese Erscheinung ist eigentlich ein Paradoxon: Chrom oxydiert nämlich schon an gewöhnlicher Luft so rasch und dicht, daß sich nur eine dünne, aus wenigen Molekülagen bestehende Oxydschicht bildet, die unsichtbar bleibt, aber den weiteren Angriff verhindert. Chromstähle sind also deshalb so oxydationsbeständig, weil sie an der Oberfläche so rasch und vollständig oxydieren. Leider lassen Messer aus „nichtrostendem" Stahl noch oft eine ausreichende Schneidfähigkeit und Schneidhaltigkeit vermissen, weil der dazu notwendige höhere Kohlenstoffgehalt wieder die Oxydationsbeständigkeit beeinflußt. Es gibt aber heute schon Rasiermesser-Blätter aus nichtrostendem Stahl, die nicht nur hervorragend weich schneiden und nicht rosten, sondern auch zehn bis zwanzig Rasuren ohne Nachschleifen aushalten.

Unabsehbar sind die zahllosen Kombinationen von Legierungselementen, die einzelne Eigenschaften der Stähle verändern. Durch Legierung mit Nickel und Mangan, oder aber mit Chrom und Wolfram kann man das Eisen für elektrische Maschinenteile völlig unmagnetisch machen oder in Dauermagneten die Magnetisierbarkeit auf über den dreihundertfachen Wert des reinen Eisens steigern. Man kann die Wärmeausdehnung durch hohe Nik-



Durch Kaltwalzen verformter weicher Bandstahl. Man erkennt in den durch das Walzen langgestreckten Eisenkristallen vereinzelte Stränge von kleinen Karbidteilchen, sowie in einzelnen Kristallen die durch die Verformung entstandenen Gleitlinien (etwa fünfhundertfach vergrößert)

kelgehalte in weiterem Umfang verändern, für Meßuhrteile fast auf Null herabdrücken oder für Einschmelzdrähte der Ausdehnung des Glases anpassen. Durch Siliziumgehalte bis vier Prozent lassen sich die Wirbelstromverluste in Dynamos und Transformatoren auf Kleinstwerte senken. Stähle mit mehr als zwölf Prozent Mangan sind bei höherem Kohlenstoffgehalt gegen Verschleiß außerordentlich widerstandsfähig (Schienenkreuzungen) und können nur noch durch Schleifen bearbeitet werden. Legiert man aber Stähle mit 0,2 Prozent Schwefel und 0,1 Prozent Phosphor, so erhält man die sogenannten Automatenstähle, die mit hoher Geschwindigkeit besonders leicht spangebend zu bearbeiten sind.

Für jede Verarbeitungsart, für jeden Verwendungszweck lassen sich geeignete Stähle durch Legierung, Wärmebehandlung und Verformungsart herstellen. Gerade für die Nachkriegs-Industrie wird es wichtig sein, bei dem berechtigten Wunsch, den Massenbedarf möglichst mit genormten Werkstoffen zu decken, nicht zu vergessen, daß unsere besten Exportaussichten in der Sonderfertigung von Spezialeinrichtungen liegen. Dazu gehören aber Sonderwerkstoffe, die den jeweils gegebenen Verarbeitungseinrichtungen und den notwendigen Eigenschaften auch im Einzelfall besonders angepaßt sind. Wer im Haushalt ein altes Solinger Messer besitzt, das fast abgeschlissen an Schneidhaltigkeit alle nichtrostenden Klingen übertrifft, oder wer die unterschiedliche Haltbarkeit von Werkzeugen verschiedener Herkunft bei ähnlicher chemischer Zusammensetzung kennt, weiß, was gemeint ist. Hier hat eine durch Tradition übermittelte Erfahrung kleiner Edelstahlwerke und Messerschmiede noch einen Vorsprung vor der allgemeinen wissenschaftlichen Erkenntnis und bietet manche Möglichkeit, den Ruf der Erzeugnisse auch auf dem internationalen Markt gegen die mit allen Mitteln der Massenkontrolle hergestellten Erzeugnisse des Auslandes wieder zu sichern.

Auch der Wettbewerb anderer Werkstoffe zwingt die Stahlleute zur weiteren Verfeinerung und Spezialisierung. Das leichte Aluminium wird heute weitgehend mit Festigkeiten bis zu fünfzig kg/mm² im Flugzeugbau und sogar für Brückenteile verwendet, säurebeständige und schweißbare Kunststoffrohre treten an Stelle verzinkter und nichtrostender Stahlrohre, die Nylonfaser hat Festigkeiten von 150 kg/mm² bei sehr geringem Gewicht erreicht, keramische Stoffe werden für Auskleidungen und für Turbinenschaufeln bei Temperaturen bis zu 800 Grad C verwendet. Betonbauten und Betonschwellen haben sich auch unter schwersten Beanspruchungen bewährt, und für Verpackungszwecke wird das Weißblech durch imprägnierte und lackierte Kunststoffe ersetzt.

Der Ingenieur, der über seine Spezialausbildung hinaus die Dinge betrachtet, weiß, daß es einen Universalwerkstoff nur in den Köpfen verschrobener Erfinder gibt. Die Stoffe nehmen in ihrem Verbrauchsanteil jeweils den Platz ein, der ihnen nach dem Aufwand für Gewinnung und Verarbeitung, vor allem aber nach der Vielfältigkeit ihrer Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten zukommt. Wenn auch die Wirkung der Legierungsmetalle des Eisens weitgehend erforscht zu sein scheint, so zeigen die letzten Jahre erstaunliche Wirkungen fast homöopathischer Dosen von Elementkombinationen, kaum merklicher Unterschiede im Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren und eine weitgehende Veränderung des praktischen Verhaltens bei etwas geänderter Formgebung, Verbindungs- und Beanspruchungsart. Die Stähle werden daher noch für lange Zeiten einem Bereich von Anforderungen genügen, wie er von keinem anderen Stoff erreicht wird. *Dr.-Ing. T. Opit, Düsseldorf*

Die Zustandsformen des elementaren Schwefels

Ein Beispiel zur Allotropie

Welch ein Schmerz für den Sammler alten Zinngeschirrs, wenn die liebevoll gepflegten Kannen und Pokale plötzlich graue Pusteln aufweisen, die ständig wachsend bald das ganze Metall bedecken, bis schließlich eine Berührung genügt, um das oft seltene Prachtstück meisterhafter Kunst unserer Vorfahren zu grauem Staub zerfallen zu lassen. „Zinnpest" nennt der Volksmund diese unerfreulichen Erscheinungen.

Die Zinnpest ist die Folge der Umwandlung des metallischen Zinns in einen nichtmetallischen Zustand, in dem es wegen seiner nunmehr pulverförmigen Beschaffenheit nicht mehr fähig ist, die ihm gegebene Form zu behalten. Das allgemein unter dem Namen Zinn bekannte Element tritt nämlich in zwei gänzlich voneinander verschiedenen Abarten — Modifikationen — auf, und zwar liegt die Beständigkeit des grauen pulverförmigen Zinns unterhalb einer Temperatur von 13,2 Grad Celsius. Es hat nur eine Dichte von 5,8, während das metallische Zinn eine Dichte von 7,3 hat. Keine Spur dieses pulverförmigen grauen Zinns erinnert mehr an die Eigenschaften der Metalle, hart, fest, formbar zu sein. Es ist dies der krasseste Fall des Übergangs eines Elementes in eine andere Form; er hat die Allgemeinheit lange sehr stark beschäftigt. Tatsächlich sind derartige Übergänge zwischen einzelnen Modifikationen ein und desselben Elements nichts seltenes. Sie finden sich bei einer ganzen Reihe von Grundstoffen. So kennen wir — außer den genannten Arten des Zinns — vom Kohlenstoff die Form des Diamanten und des Graphits. Beim Phosphor ist der weiße, rote, violette und neuerdings auch der schwarze Phosphor bekannt, beim Eisen unterscheidet man α- und γ-Eisen, und auch der Schwefel zeigt mehrere Zustandsformen.

Man bezeichnet das Auftreten solcher verschiedenartigen festen Modifikationen des gleichen Elements als „Allotropie", und wir finden „allotrope Modifikationen", deren Zustandekommen durch eine innere Änderung der Atomlagerung in den Molekülen je nach den momentanen Zustandbedingungen des Druckes und der Temperatur, verursacht wird. Zur Veranschaulichung dieser Vorgänge bietet das Verhalten des elementaren Schwefels bei verschiedenen Temperaturen ein schönes Beispiel. Der Schwefel liegt bei Zimmertemperatur in der bekannten „schwefelgelben" Farbe vor und besteht in diesem Zustand aus kleinen rhombischen Kristallen, wird daher „rhombischer Schwefel" genannt. Der Chemiker bezeichnet ihn nüch-