

STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute

Geleitet von Dr.-Ing. Dr. mont. E. h. O. Petersen

unter Mitarbeit von Dr. J. W. Reichert und Dr. W. Steinberg für den wirtschaftlichen Teil

HEFT 24

13. JUNI 1940

60. JAHRGANG

Der derzeitige Stand der Metallkeramik.

Von Richard Kieffer und Werner Hotop in Reutte (Tirol).

(Gründe für die Anwendung der Metallkeramik. Herstellung der Pulver nach mechanischen und physikalisch-chemischen Verfahren. Verarbeitung der Pulver zu metallischen Formkörpern. Physikalisch-chemische Vorgänge bei der Sinterung. Metallpulvererzeugnisse und ihre Anwendung: hochschmelzende Metalle, porige Metallkörper, Hartmetalle, Verbundmetalle, Reinstmetalle und deren Legierungen, Diamant-Metall-Legierungen, Dauermagnete.)

Ein in neuerer Zeit an Bedeutung stark zunehmendes Gebiet der Metallurgie ist die Metallkeramik¹⁾ oder Herstellung synthetischer Metallkörper²⁾. In Amerika findet hierfür vornehmlich der Ausdruck Pulvermetallurgie Anwendung. In Anlehnung an die jahrtausendalten Verfahren der Keramik werden Metallgegenstände durch Ueberführen von Pulver von Metallen, Metalloiden oder Verbindungen von Metallen mit Metalloiden durch ein Sinterverfahren in feste Metallkörper hergestellt. Meistens geht dem eigentlichen Sintervorgang, der in einer Wärmebehandlung bei höheren Temperaturen besteht, ein mehr oder weniger starkes Zusammenpressen der Pulver in geeigneten Stahlmatrizen voraus. Die Anwendung von Druck kann in bestimmten Fällen unterbleiben. Die Wärmebehandlung findet meist bei Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes des betreffenden Metallpulvers oder des am höchsten schmelzenden Bestandteiles eines Pulvergemisches statt. Das Pressen wird bei Raumtemperatur, manchmal auch bei höheren Temperaturen vorgenommen. Diesem Warmpressen ist jedoch in seiner praktischen Durchführung durch Werkstoffschwierigkeiten bei den Preßwerkzeugen eine gewisse Grenze gesetzt. Auf metallkeramischem Wege stellt man nicht nur Körper her, die durch anschließende spanabhebende oder spanlose Verformung ihre endgültige Gestalt erhalten, sondern auch fertige Gebrauchskörper.

Gründe für die Anwendung der Metallkeramik.

Nicht nur dem Laien, für den es fast eine Selbstverständlichkeit ist, daß die Metallgegenstände, die ihm im täglichen Leben oder in der Technik begegnen, ein Schmelz- und Gießverfahren durchgemacht haben, bevor sie ihre endgültige Gebrauchsform erhielten, sondern auch den Metallfachleuten drängt sich die Frage nach den Gründen für den neuen Weg der Metallurgie auf. Ein kurzer geschichtlicher Rückblick gibt eine erste Antwort.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts versuchte man auch höher schmelzende Metalle, wie beispielsweise Platin und Iridium, der Technik dienstbar zu machen. Die Anwendung der bis dahin ausschließlich üblichen Verfahren des Schmelzens und Gießens schloß der damalige Stand der Ofenbautechnik aus. Der im Falle des Platins zunächst

angewandten Notlösung, Platin über eine niedrighschmelzende Legierung verarbeitbar zu machen — man erschmolz ein Platin-Arsen-Eutektikum, verflüchtigte anschließend das Arsen durch Glühen der Legierung in Sauerstoff —, schloß sich ein ganz neuartiges Verfahren an. Man stellte Platinpulver und -schwamm durch chemische Verfahren aus den Erzen her, verpreßte die pulverförmigen Fällungserzeugnisse unter hohem Druck und erhitze sie anschließend, wodurch es gelang, die Preßkörper zu „metallisieren“. Dieses Verfahren, das zum ersten Male W. H. Wollaston³⁾ 1829 eingehend beschrieb, wurde 1850 von L. W. Staitte⁴⁾ bei der Reindarstellung von Iridium und 1909 von C. Coolidge⁵⁾ bei der Herstellung von zähem Wolfram angewandt. Bei der Erzeugung von beispielsweise Drähten und Blechen aus den hochschmelzenden Metallen Wolfram, Molybdän und Tantal mit den Schmelzpunkten 3400, 2600 und 2900° traten weit größere Schwierigkeiten auf, als bei der metallkeramischen Gewinnung des Platins mit dem noch verhältnismäßig niedrigen Schmelzpunkt von 1770°. Nur so ist es zu verstehen, daß von der Einführung metallkeramischer Verfahren bis zur Anwendung der Pulvermetallurgie im großtechnischen Maßstabe bei der Gewinnung von reinem Wolfram und Molybdän fast hundert Jahre verstrichen. Das Hauptverdienst, die mannigfachen Schwierigkeiten beseitigt zu haben, die sich der Beherrschung der genannten Metalle mit den höchsten Schmelzpunkten entgegenstellten, gebührt fast ausschließlich der Glühlampen- und Elektroindustrie, die die Metalle Wolfram und Molybdän in großem Umfange in Form von Drähten, Blechen und Bändern verbrauchen. Ueberdies muß anerkannt werden, daß die gleichen Industriezweige auch in der Folgezeit die Weiterentwicklung der Metallkeramik vorwärtstrieben und Anwendungen aufzeigten, die heute unbestrittene Gebiete der Metallkeramik sind und ihr einen bleibenden Platz in der Technik sichern. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang die Sinterhartmetalle, die porigen Sinterkörper für Lager und Metallfilter, die Kohlebürsten und die Verbundmetalle, die als Kontaktbaustoffe zur Anwendung gelangen.

Wolfram, Molybdän und Tantal mit ihren sehr hohen Schmelzpunkten sind kennzeichnende Vertreter dafür,

¹⁾ Skaupy, F.: Metallkeramik. Berlin 1930. S. 8.

²⁾ Sauerwald, F.: Lehrbuch der Metallkunde des Eisens und der Nichteisenmetalle. Berlin 1929. S. 18.

³⁾ Phil. Trans. roy. Soc., Lond., 119 (1829) S. 1/8.

⁴⁾ Engl. Patent 42 212 (1848).

⁵⁾ J. Amer. Inst. Electr. Eng. 29 (1910) S. 953.

daß die Metallkeramik angewandt werden muß, wenn der Werkstoff wegen seines zu hohen Schmelzpunktes nicht auf gewöhnliche Weise geschmolzen und vergossen werden kann. Die Notwendigkeit zur Anwendung metallkeramischer Verfahren ergibt sich darüber hinaus bei der Herstellung von

1. Hartmetallen. Diese bestehen aus den sehr harten Karbiden der Metalle Wolfram, Molybdän, Titan oder Tantal, die in feinverteilter Form in metallische Bindemittel, meistens Kobalt, eingebettet sind. Es kommt darauf an, die Einbettung so vorzunehmen, daß — trotz schwacher gegenseitiger Legierungsbildung — die wesentlichen Eigenschaften der Komponenten, nämlich die Härte der Karbide und die Zähigkeit des Bindemittels, beibehalten werden.

2. porigen Lagern. Das in diesem Falle verlangte gleichmäßig porige Gefüge kann nicht auf dem Schmelzwege erzielt werden.

3. solchen Körpern, die aus mehreren Bestandteilen bestehen, die an sich nicht legieren, beispielsweise bei sehr unterschiedlichem Schmelzpunkt oder mangelnder Mischbarkeit, deren Verbindung aber andererseits aus bestimmten Gründen sehr erwünscht ist. In diese Gruppe gehören beispielsweise Verbundkörper aus Wolfram-Kupfer, Wolfram-Silber, Eisen-Kupfer, Eisen-Blei und nicht zuletzt Metallkohlen, die als Kollektoringe und Dynamo-Schleifbürsten ausgedehnte Verwendung finden.

4. reinen Metallen und Legierungen. Bekanntlich ist in gewissen Fällen höchste Reinheit der Ausgangserzeugnisse eines Werkstoffes anzustreben. Beim Schmelz- und Gießvorgang läßt sich aber unter keinen Umständen eine gewisse Verunreinigung nicht nur durch notwendige Zusätze zum Desoxydieren der Schmelze, sondern auch durch Aufnahme von Fremdbestandteilen aus dem Tiegelwerkstoff vermeiden. Beispiele hierfür sind die vakuumtechnisch wichtigen Werkstoffe aus Sinterreisen, Sinternickel und entsprechende Legierungen.

In neuester Zeit finden sich metallkeramische Herstellungsverfahren in zunehmendem Maße auch dort ein, wo kein unmittelbarer Zwang dafür besteht. Selbstverständlich entschließt man sich auch in diesen Fällen nicht grundlos zu einem Verfahren, das auf den ersten Blick umständlicher erscheint, als die bisher angewandten Herstellungsverfahren. Beispiele dafür, daß in gewissen Fällen das metallkeramische Verfahren Vorteile gegenüber anderen Verfahren hat, sind folgende.

Läßt sich ein Werkstoff nur schwierig und mit hohem Ausschuß vergießen und nach dem Gießen zudem nicht schmieden, so kann sich die Herstellung von fertigen Formkörpern auf metallkeramischem Wege wirtschaftlicher gestalten. Als Vorteil kommt dann hinzu, daß auf metallkeramischem Wege ein feinkörniges Gefüge erhalten werden kann, das wertvoller ist als das oft grobkörnige Gefüge von Gußkörpern. Nach den neuesten Versuchen scheint es so, als ob die im Gußzustand spröden grobkörnigen Aluminium-Nickel-Eisen-Dauermagnete ein wichtiger und aussichtsvoller Vertreter dieser Gruppe werden sollten. Wird ein Werkstück gegossen, so verlangt es meist größere Bearbeitung und verursacht einen beträchtlichen Schrottanfall bei seiner endgültigen Fertigstellung. Bei der Verarbeitung von Edelmetallen, wie beispielsweise Gold, Platin, Iridium und bei der Massenanfertigung von Werkzeugteilen kann daher das metallkeramische Herstellungsverfahren zweckmäßig sein, weil es bei ihm praktisch keinen Abfall gibt. Während man von dieser Möglichkeit bei der Verarbeitung der Edelmetalle bisher in nennenswertem Umfange noch keinen Gebrauch macht, sind in Amerika Anfänge für

eine metallkeramische Massenherstellung von einfachen Fertigteilchen aus Bronze, Messing und Eisen für die Automobilindustrie vorhanden.

Herstellung der Pulver.

Die Ausgangsstoffe der Metallkeramik, die Pulver von Metallen, Legierungen, Metalloiden sowie von Metallverbindungen werden auf verschiedene Art und Weise gewonnen. Die erzeugten Pulver gehen in der Gleichmäßigkeit der Körnung, der Korngröße und — was oft von größter Wichtigkeit ist — der Form der Körner je nach Herstellungsverfahren weit auseinander. Man kann zwei Gruppen von Verfahren der Pulvergewinnung unterscheiden, mechanische und physikalisch-chemische Verfahren.

Mechanische Verfahren.

Ausgangsstoffe für die Zerkleinerung durch Stampfen und Mahlen sind die festen Metalle oder Legierungen, die auf dem Schmelzwege hergestellt werden. Dieser Weg ist grundsätzlich dann geeignet, wenn die Ausgangsstoffe genügende Sprödigkeit aufweisen. Einer Grobzerkleinerung in großen Stahlmörsern mit Pochhämmern oder Spindelpressen folgt das Feinmahlen in Kugelmühlen. Als Kugelmühlen sind je nach zu vermahlendem Werkstoff Mühlen aus Hartporzellan mit ebensolchen Kugeln, Stahlmühlen mit Stahlkugeln und in besonders schwierigen Fällen Stahlmühlen mit Hartlegierung- oder Hartmetallauskleidung und Hartmetallkugeln in Gebrauch. Leider sind nur die wenigsten Metalle genügend spröde, um auf diese Weise zerkleinert zu werden. Beispiele bilden die Metalle Mangan, Chrom, Antimon und Wismut.

In Fällen, wo das feste Metall zu zäh ist, kann man sich auch dadurch helfen, daß man von Metallschwamm oder einem Granulat ausgeht. Nach J. C. Chaston⁶⁾ wird dieser Weg beispielsweise bei der Herstellung von Eisenpulver aus Schwammeisen benutzt, das unmittelbar aus den Erzen gewonnen werden kann. Oft gelingt es auch noch auf andere Art, einem schmiedbaren und zähen Metall eine gewisse Sprödigkeit zu verleihen. So ist es möglich, bei Eisen und Chrom unter bestimmten Bedingungen elektrolytisch einen so spröden und brüchigen Niederschlag zu erzeugen, daß die mechanische Weiterzerkleinerung des Niederschlages keine Schwierigkeiten mehr bereitet. Ein sehr wichtiges Verfahren zur mechanischen Zerkleinerung von zähen Metallen ist das „Hametag“-Verfahren. Drahtstücke, Späne oder Granulate zäher Metalle, z. B. aus Weicheisen, Kupfer und Aluminium, werden in Wirbelschlagmühlen zu Pulver zerschlagen. Das so hergestellte Pulver besteht aus mehr oder weniger flachen Plättchen (Bild 1). Kommt es auf die metallkeramische Herstellung einer bestimmten Legierung an, so versucht man, aus den zur Verwendung kommenden Stoffen eine solche Vorlegierung zu erschmelzen, die in ihrer Zusammensetzung einer intermetallischen Verbindung entspricht. Hierbei nutzt man die Sprödigkeit intermetallischer Verbindungen aus. Beispiele sind Eisen-Silizium, Eisen-Chrom und Eisen-Aluminium-Vorlegierungen.

Der Hauptvorteil der Pulvergewinnung durch Stampfen und Mahlen ist zweifellos die Einfachheit des Verfahrens und die damit verbundene Wirtschaftlichkeit. Nachteilig sind gewisse Verunreinigungen des Pulvers, die beim Mahlen aus dem Werkstoff der Kugelmühlen abgerieben werden.

Ein sehr billiges und brauchbares Verfahren stellt die Körnung von Metallschmelzen dar. Man unterscheidet die Körnung in Wasser und die durch Umrühren geschmolzenen Metalls während der Erstarrung. Die Körnung

⁶⁾ Metal Treatm. 1 (1935) S. 3/10 u. 12.

durch Gießen geschmolzener Metalle in Wasser stellt ein sehr altes Verfahren dar. Bleischrott wird beispielsweise durch Gießen geschmolzenen Bleies auf ein Sieb hergestellt. Während des Fallens in der Luft erkalten die Bleikugeln schon weitgehend und werden dann in dem unter dem Sieb befindlichen Wasserbecken abgeschreckt und gesammelt. Durch gewisse Zusätze, wie 0,5 % As zum Blei verhindert man die Bildung länglicher Tropfen. Die zweite Art der Körnung beruht auf der Beobachtung, daß manche Metalle zu Pulver zerbröckeln, wenn sie während der Erstarrung im Tiegel umgerührt werden. Dieses Verfahren wird beispielsweise zur großtechnischen Herstellung von Aluminiumpulver, das beim Thermitverfahren Verwendung findet, angewandt und wickelt sich so ab, daß man geschmolzenes Aluminium in eine Schüttelmaschine bringt,



Bild 1. Durch mechanische Zerkleinerung gewonnenes grobes Eisenpulver ($\times 14$).



Bild 2. Elektrolytisch gewonnenes Eisenpulver ($\times 20$).

in der es heftig während der Erstarrung geschüttelt wird. Kadmium, Zinn und Zink werden manchmal auf die gleiche Art in Pulverform gewonnen.

Der Körnung weitgehend ähnlich sind die Zerstäubungsverfahren von flüssigem Metall. Eines dieser Verfahren beruht darauf, daß man das flüssige Metall durch eine enge Düse preßt und dem Metallstrahl einen Strom von Dampf oder Preßluft entgegenleitet. Dabei wird der Metallstrahl zerstäubt und eine schnelle Abkühlung der einzelnen Metallteilchen herbeigeführt. Die Oxydation des Pulvers ist bemerkenswert gering. Durch Regelung der Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes oder des Ausfließdruckes der Flüssigkeit kann Pulver verschiedener Korngröße hergestellt werden. Das Verfahren wird zur Gewinnung von Aluminiumpulver angewandt. In neuester Zeit ist es der Deutschen Pulvermetallurgischen Gesellschaft in Frankfurt (Main) gelungen, durch ein vielseitig anwendbares Verfahren in einer neuartigen Zerstäubungsanlage Pulver beliebiger Korngröße aus Metallschmelzen herzustellen. Dieses Verfahren verdient zweifellos größte Beachtung; es gelingt dadurch, nicht nur jede beliebige Legierung von mischbaren Bestandteilen zu pulvern, sondern auch solche Metallegierungen, die nur im Schmelzfluß mischbar sind, wie Eisen-Kupfer, Blei-Silber und Kupfer-Blei.

Physikalisch-chemische Verfahren.

Ein Verfahren der Pulvergewinnung, das sich allerdings auf solche Metalle beschränkt, die einen niedrigen Siedepunkt haben, ist die Verdampfung und anschließende Niederschlagung. Auf diese Art wird Zinkpulver aus der Gas-

phase gewonnen. Zinkoxyd wird in Retorten verdampft und durch Kohlenoxyd zu Zinkdampf reduziert. Der gebildete Metalldampf geht in Vorlagen über. Bei diesem Verfahren muß das Gas geringe Mengen von Kohlendioxyd oder Sauerstoff enthalten, um die sich niederschlagenden Zinkteilchen mit einem Zinkoxydfilm zu bedecken, der ein Zusammenbacken verhütet.

Für die großtechnische Herstellung von Eisen- und Nickelpulver in hoher Reinheit hat sich das Karbonylverfahren hervorragend bewährt. Geeignet vorbereitete Eisen- und Nickelerze werden unter hohem Druck mit Kohlenoxyd umgesetzt und ergeben hierbei flüssige Metallkarbonyle. Die wichtigsten Karbonyle sind das Eisenpentakarbonyl $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$ und das Nickelkarbonyl $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$. Das erste ist bei Zimmertemperatur eine gelbe Flüssigkeit, die bei 103° verdampft und bei weiterer Erhitzung in Eisen- und Kohlenoxyd zerlegt wird. Nickelkarbonyl verdampft schon bei 43° und zerfällt bei hohen Temperaturen leicht in Nickel und Kohlenoxyd. Die Zerlegung der Karbonyle wird in erhitzten Behältern im freien Raum unter Beobachtung verschiedener Vorsichtsmaßregeln so vorgenommen, daß die Bildung eines Metallüberzuges an den Wänden des Behälters vermieden wird. Es entsteht Eisen- und Nickelpulver in Form von feinsten Kugeln mit schalenförmigem Aufbau. Das Kohlenoxyd wird im Kreislauf der Karbonylerzeugung wieder zugeführt. Da außer Eisen und Nickel auch noch Kobalt, Wolfram, Molybdän und Chrom Karbonyle bilden, könnten durch Zerlegung von Karbonylgemengen Legierungspulver der genannten Metalle hergestellt werden.

Wolfram- und Molybdänpulver für die Lampenindustrie sowie Kobaltpulver für die Hartmetallherstellung werden heute vorzugsweise durch Wasserstoffreduktion aus den Oxyden gewonnen. Die Reduktionstemperatur liegt unter dem Schmelzpunkt der Metalle oder Metallverbindungen. Durch geeignete Wahl der Teilchengröße der Oxyde, der Reinheit und des Feuchtigkeitsgehaltes des Wasserstoffs, der Temperatur und Zeit der Reduktion sind gewisse Veränderungen der Korngröße, Form und Korngrößenverteilung möglich. Im allgemeinen führt niedrigere Reduktionstemperatur zu feinerem Pulver. Die Korngröße steigt mit der Reduktionszeit, der Temperatur der Umsetzung und dem Wassergehalt des Reduktionsgases. In großtechnischem Maßstabe werden die genannten Pulver in ununterbrochen arbeitenden Reduktionsöfen gewonnen. Das betreffende Oxyd wird in flache Schiffehen aus Molybdän oder Nickel geschüttet, die in das eine Ofenende eingefahren und gegen einen Strom von Wasserstoff langsam durch den Ofen hindurchgeschoben werden.

Zu den ältesten Verfahren gehört die chemische Fällung und Reduktion von Metallsalzlösungen, wie sie für die Gewinnung von Platin-, Gold- und Silberpulver angewendet worden ist. Ein weiteres Beispiel ist die Fällung von Zinnstaub aus Zinnchlorid durch Zinkspäne. In den meisten Fällen bilden nach diesem Verfahren hergestellte Metalle eine schwammige Masse, die bis zu einem gewissen Grade durch Reiben gepulvert werden kann. Die so gewonnenen Pulver zeichnen sich durch besondere Feinheit und Reinheit aus. Die Gewinnung von Tantal, Niob und Titan geschieht auf ähnlichem Wege. Geeignete Salze, beispielsweise Chloride, Fluoride oder Doppelsalze der genannten Metalle,

werden im Schmelzfluß mit Alkali- oder Erdalkalimetallen in Bomben umgesetzt. Das Umsetzungserzeugnis wird mit Wasser ausgelaugt und das gebildete Metallpulver auf geeignete Weise gereinigt.

Einen großen Raum nimmt die elektrolytische Herstellung von Metallpulvern ein, die teils aus wässrigen Lösungen, teils aus Salzschnmelzen erfolgt. Das Verfahren der Abscheidung aus wässrigen Lösungen hat sich besonders für die Herstellung von Eisen- und Kupferpulver eingeführt. Erwünscht ist dabei natürlich eine unmittelbare Ablagerung von Metallniederschlägen in Pulverform. Zur Erreichung dieses Zieles wird Anwendung hoher Stromdichte, schneller Umlauf des Elektrolyten und Zusatz gewisser Kolloide zum Bade vorgeschlagen. Im Gegensatz zu den Karbonylmetallen weisen die elektrolytisch gewonnenen Kristallite eine mehr oder weniger dendritische Form auf (Bild 2). Die elektrolytische Abscheidung von Metallen aus dem Schmelzfluß geeigneter Salze wird vornehmlich bei der Herstellung von Tantal- und Niobpulver angewandt⁷⁾.

Die bei der Herstellung von Hartmetall verwendeten Hartstoffpulver, wie die Karbide des Wolframs, Molybdäns, Titans und Tantals, werden durch Erhitzen der Metallpulver mit feinstem Ruß auf Temperaturen von 1300 bis 1900° gewonnen. Falls die Metalle selbst nicht zur Verfügung stehen, kommt die Karburierung der betreffenden Oxyde zur Anwendung. Die Karbide fallen dabei meistens in Form zusammenhängender Stücke an. Die Weiterzerkleinerung zu feinstem Pulver geschieht in Kugelmöhlen, die meistens mit Hartmetall ausgekleidet sind. Auf ähnliche Weise werden auch die hochschmelzenden Nitride und Boride gewonnen. Die Herstellung der Nitride kann entweder durch Glühung des Metallpulvers in einem Stickstoff- oder Ammoniakgasstrom bei höheren Temperaturen geschehen oder besser durch Glühung eines Oxyd-Kohle-Gemisches in einem Stickstoffstrom. Die beim Glühen der Metalle zur Nitridbildung in Betracht kommenden Temperaturen von 1100 bis 1200° liegen beträchtlich tiefer, als die zur Karbidbildung notwendigen. Die Reinherstellung der Boride im pulverförmigen Zustand erfolgt zweckmäßig durch Erhitzen der reinen Metalle mit Bor im Vakuum. Die erforderlichen Bildungstemperaturen liegen bei etwa 1800 bis 2200°⁸⁾.

Verarbeitung der Pulver zu metallischen Formkörpern.

Vor der Verarbeitung der Pulver zu Preßkörpern empfiehlt sich in vielen Fällen eine reduzierende Vorbehandlung bei Temperaturen von 600 bis 800°, um etwa vorhandene Oxydhäute, Feuchtigkeitsspuren und Gaseinschlüsse soweit wie möglich zu entfernen. Aus diesem Grunde ist es auch angebracht, die Pulver möglichst im Anschluß an ihre Gewinnung zu verwenden. Die genannte Vorbehandlung ist beispielsweise besonders am Platze bei der Verwendung von Karbonylmetallen zur Herstellung von reinen Metallen oder Legierungen.

Die Formgebung der Pulver geschieht gewöhnlich durch einen Preßvorgang, jedoch gelangen auch einfache Füllverfahren in Formen zur Anwendung. Letztes ist beispielsweise der Fall bei der Herstellung großer Blöcke aus Karbonyleisen- oder Nickelpulver. Es wird dabei die ausgezeichnete Sinterfähigkeit der Karbonylmetalle ausgenutzt. Das Pressen wird gewöhnlich bei Raumtemperatur mit geeigneten Matrizenformen vorgenommen. Zur Anwendung kommen je nach Verwendungszweck des Werkstückes

Drücke von 1000 bis 10 000 kg/cm², die meistens mit hydraulischen Pressen erzeugt werden. Seltener ist das Warmpressen der Pulver, das nur in Sonderfällen, wie bei der Fertigung von Hartmetallziehsteinen, in Betracht kommt. Häufiger ist allerdings ein Warmdruckverdichten also ein Nachpressen des Kaltpreßlings bei höheren Temperaturen oder ein Nachsintern unter Druck. Bild 3 zeigt eine Drucksinteranlage. Falls das Pulver keine genügend guten Preßeigenschaften aufweist, sind Zusätze in Form organischer Bindemittel wie Kunstharz, Kolophonium, Azeton, Lösungen von Kolophonium in Aether üblich. Diese Zusätze verdampfen später beim Sintern aus dem Formkörper heraus. Da Spuren von Kohlenstoff zurück bleiben, kommt ein Zusatz nicht in Frage, falls der Kohlenstoff schädliche Wirkungen auf das Enderzeugnis hat.

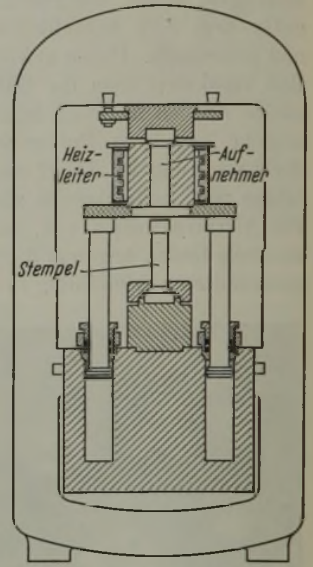


Bild 3. Drucksinteranlage.

Die kaltgepreßten Probestücke müssen einer sorgfältigen Wärmebehandlung unterzogen werden. Diese Glüh- oder Sinterbehandlung soll die nur durch Adhäsion zusammenhängenden Pulverteilchen in einen festen Metallkörper oder eine Legierung überführen. Als Sinter Temperatur wird in den meisten Fällen etwa zwei Drittel bis vier Fünftel der Schmelztemperatur des betreffenden Metalles gewählt. Es hat sich gezeigt, daß die niedrigste anzuwendende Sinter Temperatur etwa mit der Rekristallisationstemperatur des Stoffes zusammenfällt. Bronzen und bronzeartige Legierungen werden bei 600 bis 800°, Eisen, Nickel und entsprechende Legierungen bei 1000 bis 1300°, Hartmetalle bei 1400 bis 1700°, die hochschmelzenden Metalle Molybdän, Wolfram und Tantal zwischen 2000 und 3300° gesintert. Ebenso wie die Sinter Temperatur richtet sich die Sinterzeit nach dem Werkstoff. Oft genügt eine Sinterzeit von weniger als ½ h, beispielsweise bei Molybdän, in manchen Fällen ist ein mehrstündiges Sintern angebracht, wie bei Hartmetall. Für das Sintern bei Temperaturen bis zu 1000° genügen elektrisch beheizte Oefen mit Chrom-Nickel-Heizwicklungen. Bis zu 1350° sind Siliziumöfen in Verwendung, für noch höhere Temperaturen bis 1600° kommen Oefen mit Molybdänheizelementen, bis 1800° und höher Hochfrequenzöfen oder, falls ein kohlenoxydhaltiges Ofengas nicht stört, Kohlerohr-Kurzschlußöfen zur Anwendung. Da aber eine Sinterung der hochschmelzenden Metalle Wolfram, Molybdän und Tantal selbst bei diesen Temperaturen noch nicht möglich wäre, werden diese in unmittelbarem Stromdurchgang gesintert unter Anwendung einer Stromstärke, die etwa 10 % niedriger liegt als die Stromstärke für ein Schmelzen.

Wichtig ist naturgemäß das Ofengas, in dem die Sinterung durchzuführen ist. Da eine Oxydation besonders bei der sehr großen Oberfläche der Metallpulverteilchen vermieden werden muß, arbeitet man in reduzierender Atmosphäre, am besten unter Wasserstoff. Zu empfehlen ist eine gründliche Reinigung des verwandten Wasserstoffs von Feuchtigkeitsresten und Sauerstoffspuren. Bei Tantal ist eine Sinterung unter Schutzgas wegen der starken Neigung

⁷⁾ Driggs, F. H., und W. C. Lilliendahl: Industr. Engng. Chem. 23 (1931) S. 634/37; nach Chem. Zbl. 102 (1931) II, S. 687.

⁸⁾ Becker, K.: Hochschmelzende Hartstoffe und ihre technische Anwendung. Berlin 1933. S. 27/31.

des Tantals für die meisten Gase nicht möglich. In diesem Falle kommt man durch Sinterung im Hochvakuum zum Ziel.

Der Sintervorgang beendet die eigentliche Synthese des Werkstoffs. Man hat jetzt einen mehr oder minder spröden, gußähnlichen Körper vor sich, der meistens nur geringe Dehnung aufweist. Es gelingt aber, falls der gesinterte Werkstoff verformbar ist, durch nachfolgende Kalt- oder Warmverformung dem Werkstoff solche Eigenschaften zu verleihen, die die der gleichen Legierung im gegossenen Zustand übertreffen und welche die der geschmiedeten Gußlegierung nahezu erreichen. Oft besteht natürlich keine Veranlassung zur Verformung nach der Fertigsinterung, beispielsweise bei porigen Lagerkörpern oder bei den Hartmetallen. Ein synthetisch hergestellter Werkstoff kann den gleichen Vergütungsbehandlungen unterworfen werden, wie ein auf dem Schmelzwege hergestellter Werkstoff. Der Unterschied besteht oft nur noch darin, daß dem metallkeramisch erzeugten Körper alle die Merkmale fehlen, die durch die bei der Erstarrung verlaufenden physikalisch-chemischen Gleichgewichtsvorgänge bedingt sind. Daß die letzten dem Werkstoff oft unangenehme und unerwünschte Eigenschaften verleihen — erinnert sei an die Seigerung und an das oft sehr spröde Gußgefüge —, spricht für die Möglichkeiten, die in den synthetischen Werkstoffen liegen.

Physikalisch-chemische Vorgänge bei der Sinterung.

Trotz der Erfolge, die die Metallkeramik bisher aufzuweisen hat, ist die theoretische Deutung der bei der Sinterung ablaufenden Vorgänge über einige Ansätze noch nicht hinausgekommen. Die Forschung hat sich erst in letzter Zeit dieses Zweiges der Metallkunde angenommen. Immerhin läßt sich doch schon Grundsätzliches zu den Vorgängen beim Sintern sagen.

Eingangs war erwähnt worden, daß sich die Metallkeramik der Verfahren der Keramik mit Erfolg bedient hat. Die keramischen Massen sind vornehmlich aus oxydischen Mehrstoffsystemen aufgebaut. Erst vor einiger Zeit sind diesen eine wichtige Stoffklasse zur Seite getreten, die oxydischen Einstoffsysteme. Greifen wir als kennzeichnende Vertreter dieser beiden Gruppen den Sillimanit und den Sinterkorund heraus. Der Sillimanit ist ein Vertreter des wichtigen Zweistoffsystems Kieselsäure-Tonerde und entspricht in seiner Zusammensetzung etwa der Formel $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, während der Sinterkorund aus rd. 99,8 % Al_2O_3 besteht. Ausgangsstoff für die Herstellung des feuerfesten Werkstoffes Sillimanit ist meist der Zyanit, ein Mineral, das etwa der chemischen Zusammensetzung 63 % Al_2O_3 und 37 % SiO_2 entspricht. Wird ein Preßkörper, der aus feingepulvertem Zyanit besteht, erhitzt, so kann aus dem Zustandsschaubild Kieselsäure-Tonerde (Bild 4) unmittelbar abgelesen werden, daß bei Erreichung einer Temperatur von 1540° eine flüssige Phase auftritt, nämlich das Eutektikum zwischen Cristobalit (SiO_2) und Mullit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), das zu etwa 95 % aus Kieselsäure besteht. Bei 1540° macht die flüssige Phase immerhin schon etwa 15 % des Ausgangsgewichtes aus. Bei 1810° sind sogar schon 58 % des Ausgangsstoffes flüssig geworden. Gleichzeitig werden bei 1810° die vorhandenen Mullitkristalle auf Kosten der Bildung flüssiger Phase und von Tonerdekristallen restlos aufgezehrt. Es leuchtet ein, daß schon beim Erhitzen der angemessenen Ausgangsmischung auf nur 1550° ein Zusammenkitten der durch das Pressen zunächst nur lose zusammenhängenden Pulverteilchen durch die auftretende flüssige Phase erfolgen muß. Steigert man die Sintertemperatur, so vermehrt sich die Menge des Bindemittels, und nach dem Abkühlen muß der Sinterkörper einen festeren Zusammenhalt haben und

dichter geworden sein als ein Körper, der beispielsweise nur auf 1550° erhitzt wurde. Es ist jetzt ohne weiteres verständlich, wie aus dem Pulvergemisch ein fester Körper wird, der allerdings je nach Sinterbehandlung noch mehr oder weniger porig sein kann. In Bild 4 ist durch einen Pfeil das Temperaturgebiet angedeutet, in dem üblicherweise der Sillimanit gesintert wird.

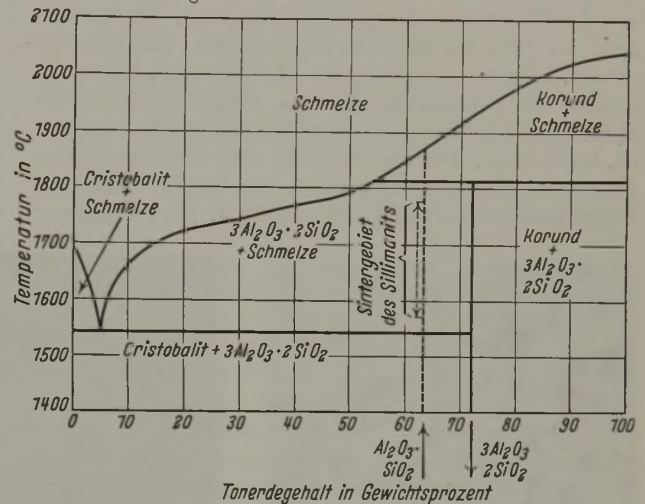


Bild 4. Zustandsschaubild Tonerde-Kieselsäure.

Die gleichen Vorgänge spielen sich auch beim Sintern einer Reihe von synthetisch hergestellten Metallkörpern ab, die in Anwesenheit einer flüssigen Bindemittelphase gesintert werden. Diese flüssige Phase macht bei den kennzeichnenden Vertretern dieser Sinterwerkstoffklasse meist 5 bis 20 % der Gesamtmasse aus. Das bekannteste Beispiel bildet die Sinterung eines Wolframkarbid-Kobalt-Hartmetalls. Wolframkarbid-Kobalt-Pulvergemenge werden unter hohem Druck zu Preßlingen verarbeitet. Wird die Sintertemperatur auf 1400° und höher gesteigert, so bildet sich eine flüssige eutektische Legierung aus Kobalt, Wolfram und Kohlenstoff. Diese flüssige Legierung dringt kapillar zwischen die Karbidkörper und diffundiert teilweise in die Karbidkristallite ein. Mit fortschreitender Sinterdauer tritt ein schwaches Kornwachstum der Karbidkristallite ein. Dabei werden die kleinsten Karbidteilchen auf Kosten der größeren aufgezehrt. Bei der Abkühlung scheiden sich die von der flüssigen Phase gelösten Wolframkarbidkristalle wieder in feinsten Verteilung aus. Es liegt dann ein Werkstoff vor, bei dem die harten Karbidkristalle durch die zähe Kobaltbindemittelphase fest zusammengehalten werden. Weitere wichtige metallkeramische Erzeugnisse dieser Sinterwerkstoffklasse sind die Schwermetalllegierungen auf der Grundlage Wolfram-Kupfer-Nickel, die porigen Lagerwerkstoffe sowie ein Teil der Kohlebürsten. Bild 5 zeigt das Gefüge einer Legierung mit 90 % W, 6 % Ni und 4 % Cu, das kennzeichnend für alle in Anwesenheit einer flüssigen Phase gesinterten Werkstoffe ist. Die flüssige Phase besteht hier vornehmlich aus einer Kupfer-Nickel-Legierung, die bei 1400° etwa 18 % W zu lösen vermag⁹⁾.

Die Sinterung des Sinterkorunds verläuft ohne Bildung einer flüssigen Bindemittelphase. Erst 1927 gelang es H. Gerdien und R. Reichmann¹⁰⁾, die Sinterung dieses hochschmelzenden oxydischen Einstoffsystems zu einem festen porenfreien Körper einwandfrei durchzuführen. Der Rohstoff ist chemisch reine Tonerde, bei deren Fein-

⁹⁾ Smithells, C. J.: Amer. Patent 2 183 359 vom März 1939; siehe auch Meier, K.: Z. VDI 83 (1939) S. 1094.

¹⁰⁾ Vgl. Kohl, H.: Tonind.-Ztg. 56 (1932) S. 1266/67 u. 1279/80.

mahlung und Aufbereitung jede Verunreinigung durch fremde Stoffe sorgfältig vermieden wird. Zweckmäßigerweise geht man von einem Gemisch grober und feinsten Teilchen aus. Durch Hydratisieren der Tonerdekrystallite, besonders der feinsten Teilchen durch Trommeln mit konzentrierter Salzsäure erhält man nach dem Trocknen ein „hochsinteraktives“ Oxydgemenge. Nach dem Schlickerverfahren^{10a)} werden Formkörper hergestellt, die anschließend bei 1800 bis 2000° in oxydierendem Gas gebrannt werden. Hierbei entweicht das Hydratwasser, wobei besonders die entwässerten feinsten Tonerdekrystallite die Sinterung, die mit einem gewissen Kornwachstum verknüpft ist, begünstigen. Der Sintervorgang stellt sich hier als eine Umsetzung im festen Zustand dar, ohne daß in irgendeinem Brennabschnitt eine flüssige Phase auftritt. Die Verdichtung

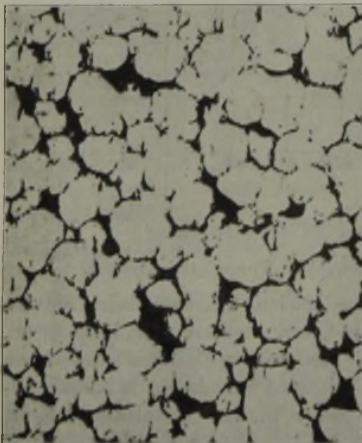


Bild 5. Gefüge einer gesinterten Legierung mit 90 % W, 6 % Ni und 4 % Cu ($\times 200$; geätzt mit Kalilauge + Ferrizyankalium).

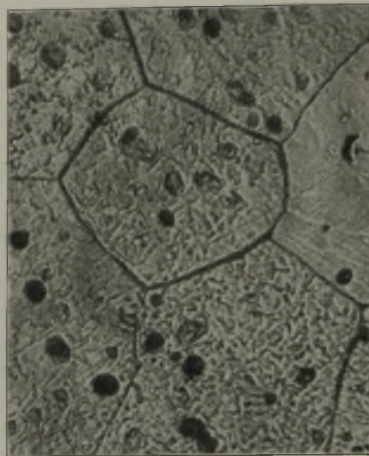


Bild 6. Gefüge eines Molybdänsinterstabes ($\times 450$; geätzt mit Flußsäure + Salpetersäure).

des Körpers ist nicht auf eine Verglasung, sondern auf das Verwachsen der anfangs winzigen Kriställchen zu größeren Teilchen zurückzuführen. Hierbei werden die beispielsweise bei 1400° noch über 15 % betragenden offenen Poren ausgefüllt, so daß schließlich ein praktisch dichter Körper entsteht.

In der Metallkeramik entspricht dem Sinterkorund eine Klasse von Sinterstoffen, die ohne Anwesenheit einer flüssigen Phase gesintert werden, beispielsweise Wolfram, Molybdän, Tantal, Niob, Zirkon und die Reinstmetalle der Eisengruppe. Bild 6 zeigt als kennzeichnendes Gefüge der Gruppe das Schliffbild eines Molybdänsinterstabes. Die einzelnen großen Kristallite stoßen an engen Korngrenzen zusammen. Innerhalb der einzelnen Körner finden sich noch Poren.

Nach den Untersuchungen von F. Sauerwald und seinen Mitarbeitern¹¹⁾ spielen beim Sintern der genannten Stoffe Kornwachstum und Rekristallisationsvorgänge eine große Rolle. Durch das Pressen werden die Metallteilchen zunächst soweit einander genähert, daß die Anziehungskräfte zur Wirkung gelangen. Je mehr Berührungsstellen vorhanden sind, um so größer ist natur-

gemäß die Summe der Anziehungskräfte, und daher haben feine Pulver nach dem Pressen bei gleichem Druck einen größeren Zusammenhalt als grobe. Ferner findet bei Anwendung genügend hoher Preßdrücke gleichzeitig eine Verfestigung im Sinne einer Kaltverschweißung statt. Beim Erhitzen der gepreßten Metallpulver vollziehen sich nach Sauerwald zwei Vorgänge: erstens eine stetige Zunahme der Anziehungskräfte mit steigender Temperatur, wobei Festigkeit und Dichte der Preßkörper zunehmen, und zweitens ein bei einer bestimmten Temperatur einsetzendes, durch beginnenden Atomplatzwechsel bedingtes Kornwachstum.

Ueber die Temperatur des Beginns des Kornwachstums gehen die Meinungen auseinander. Während Sauerwald den Beginn für jedes Metall bei gleichbleibender Temperatur unabhängig vom Preßdruck annimmt, soll er nach C. J. Smithells¹²⁾ vom Preßdruck und der Korngröße des Pulvers abhängig sein, nach L. Schlecht, W. Schubardt und F. Duftschmidt u. a.¹³⁾, außerdem von der Vorgeschichte des Metallpulvers. Nach W. Trzebiatowski¹⁴⁾ sollen das Abdiffundieren der absorbierten und gelösten Gase, ferner Erholungserscheinungen als Folge einer durch das Pressen erfolgten Kaltverformung, auf die auch schon Sauerwald hinwies, ebenfalls eine Rolle spielen. Nach Untersuchungen von G. Grube und H. Schlecht¹⁵⁾ an Molybdän- und Nickelpulver ist der Beginn des Kornwachstums unabhängig vom angewandten Preßdruck. Grube und Schlecht konnten für das von Trzebiatowski und Sauerwald angenommene Abdiffundieren von gelösten Gasen und die bei hoch-

gepreßten Proben auftretende Erholung des Werkstoffs von der Kaltverformung einwandfrei durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit, Härte und Zugfestigkeit nachweisen.

Trotz dieser schon vorliegenden Erklärung des Sintervorgangs verbleiben bei Körpern ohne Anwesenheit einer flüssigen Phase noch manche Fragen, die einer Deutung bedürfen. So ist die Mitwirkung der Kapillarkräfte, der Gas- und Oxydhäute und schließlich der Rekristallisation noch weitgehend ungeklärt. Es können Oxydhäute beispielsweise die Sinterung von Tantalpulver empfindlich stören, die Sinterung von Molybdän jedoch begünstigen. Ein entscheidender Einfluß kommt darüber hinaus auch den Sinterbedingungen, ob Vakuum oder reduzierendes Gas, ob trockene oder feuchte Schutzgasatmosphäre, zu.

Metallpulvererzeugnisse und ihre Anwendung.

Hochschmelzende Metalle.

Die Herstellung von Erzeugnissen aus den hochschmelzenden Metallen Wolfram und Molybdän hat weitgehende Ähnlichkeit. Sie kann daher gemeinsam behandelt werden. Aus chemisch reinem Wolfram- und Molybdäntrioxyd wird durch Reduktion mit Wasserstoff in elektrisch beheizten Öfen — als Heizelemente haben sich Molybdänheizkörper

^{10a)} Vgl. Schönberg, E. A.: Hochfrequenzkeramik. Dresden 1939. S. 38/39.

¹¹⁾ Z. anorg. Chem. 122 (1922) S. 277/94; vgl. Stahl u. Eisen 43 (1923) S. 404; Z. Elektrochem. 29 (1923) S. 79/85; 30 (1924) S. 175/80; 31 (1925) S. 15/18 u. 18/24; vgl. Stahl u. Eisen 45 (1925) S. 394; Z. Elektrochem. 38 (1932) S. 33/41; 39 (1933) S. 750/53; Z. Metallkde. 16 (1924) S. 41/47; vgl. Stahl u. Eisen 43 (1923) S. 1409/10; Z. Metallkde. 20 (1928) S. 227/28; 21 (1929) S. 22/23.

¹²⁾ Smithells, C. J.: Tungsten, 2nd ed. London 1936. S. 69.

¹³⁾ Z. Elektrochem. 37 (1931) S. 485/92. Duftschmidt, F., L. Schlecht und W. Schubardt: Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 845/49. Hamprecht, G., und L. Schlecht: Metallwirtsch. 12 (1933) S. 281/84.

¹⁴⁾ Z. phys. Chem., Abt. B, 24 (1934) S. 75/86 u. 87/97; Abt. A, 169 (1934) S. 91/102.

¹⁵⁾ Z. Elektrochem. 44 (1938) S. 367/74.

ausgezeichnet bewährt — feines, möglichst sauerstofffreies Wolfram- und Molybdänpulver hergestellt. Die Pulver werden in Stahlmatrizen bei einem Druck von etwa 2000 bis 4000 kg/cm² zu Stäben verpreßt. Während die Preßstäbe aus Wolfram wegen ihrer starken Brüchigkeit einer Vorsinterung bei rd. 1000° unterzogen werden, können die Molybdänstäbe sofort unter Wasserstoffschutz im unmittelbaren Stromdurchgang bis nahe an den Schmelzpunkt erhitzt werden. Diese Hochtemperaturesinterung ist von einem starken Kornwachstum der Kristallite und einer bedeutenden Schrumpfung der Preßstäbe begleitet. Die Sintervierkantstäbe werden durch Hämmern und Ziehen oder Hämmern und Walzen zu Rundstäben, Drähten und Blechen weiterverarbeitet.

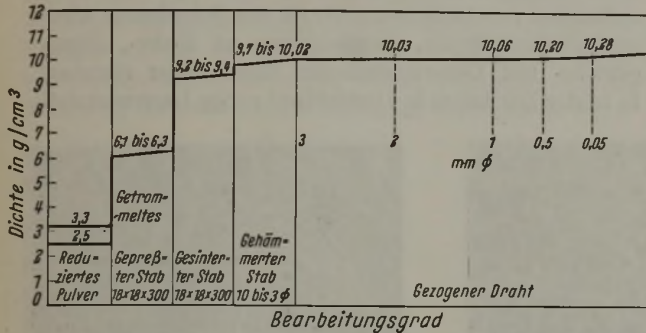


Bild 7. Dichte von Molybdän in Abhängigkeit vom Bearbeitungsgrad.

Die Dichtesteigerung, die beispielsweise Molybdän durch die Verarbeitung zum Fertigerzeugnis erfährt, geht aus Bild 7 hervor. Während ein üblich hergestellter Molybdänpreßstab eine Dichte von 6,1 bis 6,3 g/cm³ aufweist, steigt die Dichte durch die Sinterung um rd. 50 % auf 9,2 bis 9,4 g/cm³. Durch das Hämmern und Ziehen tritt eine weitere Steigerung auf 10,3 g/cm³ ein.

Die kennzeichnenden Eigenschaften der durch Sinterung erzeugten Metalle Molybdän und Wolfram sind Reinheit, leichte Entgasbarkeit, kleiner Dampfdruck im Vakuum, hohe Warmfestigkeit (Wolframdraht von 0,6 mm Dmr. hat bei 800° eine Zugfestigkeit von 75 kg/mm², Molybdändraht vom gleichen Durchmesser 60 kg/mm²), Erhaltung der Elastizität und Federkraft bei hohen Temperaturen, gute Wärme- und elektrische Leitfähigkeit, niedriger Wärmeausdehnungsbeiwert, paramagnetisches Verhalten im reinen Zustand und gute Bearbeitbarkeit. Diese Eigenschaften machen Molybdän und Wolfram zu hervorragenden Werkstoffen für die Elektroindustrie, besonders für die Vakuumtechnik.

Wolfram findet in Form von Glüh- und Heizfäden in Glühlampen und Radioröhren Verwendung, ferner zur Herstellung von Einschmelzungen für Hartglasröhren. In Stromrichtern mit Quecksilberkathoden werden die vakuumdichten Durchführungen für die Anoden oft aus Wolfram hergestellt. In Röntgenröhren bestehen die Antikathoden, die bei älteren Bauarten die Form von Keulen haben, aus Wolfram. Bei neueren Bauarten werden zur Erreichung guter Wärmeableitung Ronden und Rechtecke aus Wolfram mit Kupfer hintergossen. Bei den neuzeitlichsten Röhren mit Drehanode werden Wolframteller oder -ringe eingebaut. Der hohe Schmelzpunkt, die große Dichte (19,3 g/cm³) und die bedeutende Härte des Wolframs haben seine Einführung als Kontaktwerkstoff in die Unterbrecher von Zündgeräten und Wechselrichtern, wo Millionen von Kontakten benötigt werden, ermöglicht. Bei den hohen Schalthäufigkeiten zeigten Wolframkontakte im Vergleich zu allen anderen Werkstoffen den geringsten volumenmäßigen

Abbrand, die geringste Schweißneigung und die kleinste Werkstoffübertragung. Erwähnt sei die gute Eignung des Wolframs als Werkstoff für Zündkerzenelektroden. Wenn durch Hintergießen der Wolframspitze mit Kupfer für rasches Ableiten der an der Spitze anfallenden Wärme gesorgt wird, zeigen derartige Zündkerzenelektroden den geringsten Werkstoffabbau im Vergleich zu allen anderen bisher verwendeten Werkstoffen. In der Schweißtechnik werden große Mengen von Wolframstäben als Elektroden in Arcatomgeräten benötigt. Bekanntlich werden bei der Arcatom-Lichtbogenschweißung im Wolframlichtbogen mit naszierendem Wasserstoff Temperaturen bis zu 4000° erreicht, Temperaturen also, denen nur das Wolfram gewachsen ist.

Ebenso wie Wolfram findet Molybdän ausgedehnte Verwendung beim Bau von Glühlampen, Vakuumverstärker- und Senderöhren in Hochspannungsgleichrichtern und in Glühkathodenstromrichtern, und zwar in Form von Drähten und Geweben zur Herstellung hochbeanspruchter Gitter, in Form von Blechen zur Fertigung von Anoden besonders im Senderöhrenbau, in Form von Stäben, Drähten, Kappen, Ringen und dergleichen für vakuumdichte Glasein- und -anschmelzungen, in Form von Haken, Oesen zum Tragen von Wolframheizfäden. In Röntgenröhren und Hochspannungsventilröhren wird Molybdän zur Herstellung von Halterungen aller Art benötigt. Molybdän hat darüber hinaus Verwendung für Heizelemente elektrisch beheizter Hochtemperaturöfen gefunden¹⁶⁾. Mit Molybdän lassen sich Betriebstemperaturen bis 1700° beherrschen, wobei allerdings notwendig ist, die Heizelemente unter Schutzgas — meistens Wasserstoff — anzuordnen. Die hohe Warmfestigkeit des Molybdäns läßt dabei eine Verwendung von Heizelementen in

Form von Drähten, Stäben, Bändern oder Folien zu. Als besonders zweckmäßige Anordnung hat sich die Molybdänwendel in Haarnadelform aus möglichst dicken Stäben oder Drähten bewährt. Bild 8 zeigt einen Muffelofen mit einem Molybdänheizleiter. Dieser ist unmittelbar im schutzgaserfüllten Nutzraum des Ofens untergebracht.

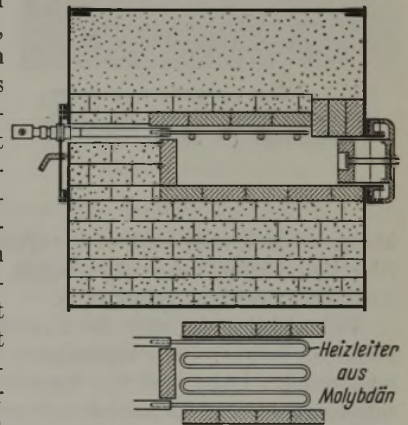


Bild 8. Querschnitt durch einen Muffelofen mit einem Molybdän-Heizleiter.

Zu den hochschmelzenden Metallen sind noch die Elemente Tantal und Niob zu rechnen, die allerdings in ihrer Gewinnung eine gewisse Ausnahmestellung einnehmen. Tantalpulver kann man pyrometallurgisch durch Reduktion von Kalium-Tantal-Fluorid mit Alkali- oder Erdalkalimetallen in einer Salzschmelze erzeugen. Die Sinterung von Tantal muß man im Hochvakuum durchführen. Wegen seiner hervorragenden Säurebeständigkeit findet Tantal in der chemischen Industrie Verwendung. So werden beispielsweise Spinddüsen für die Kunstfaserherstellung aus Tantal angefertigt. Weitere Anwendungsmöglichkeiten finden sich bei der Salzsäuregewinnung, Herstellung von Wärmeübertragungsanlagen, Düsen für Dampf, Wasser, Oel und Säure,

¹⁶⁾ Kieffer, R., und F. Krall: VDE-Fachber. 11 (1939) S. 107/12.

als Schutzüberzug von Anzeigeräten, Pumpengestängen, Ventilen¹⁷⁾. Da Tantal begierig Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff löst oder bindet, und da ferner die Karbide, Nitride und Oxyde des Tantals außerordentlich beständig sind, verwendet man Tantal mit Erfolg als Getterwerkstoff in Form von Abschirmblechen in hochwertigen Entladungsgefäßen, beispielsweise in Senderöhren. („Getter“ ist ein Ausdruck der Vakuumtechnik; man versteht darunter das Befreien der Röhren von letzten Gasresten durch solche Stoffe, die auch Spuren von Sauerstoff zu binden vermögen, wie z. B. Barium.)

Porige Metallkörper.

Die Möglichkeit der Metallkeramik, durch geeignete Wahl der Korngröße des Metallpulvers, des Preßdruckes, der Sinterbedingungen und der meist flüchtigen Preßzusätze porige Werkstoffe herzustellen, ist schon frühzeitig erkannt und technisch ausgenutzt worden. So können porige Form-

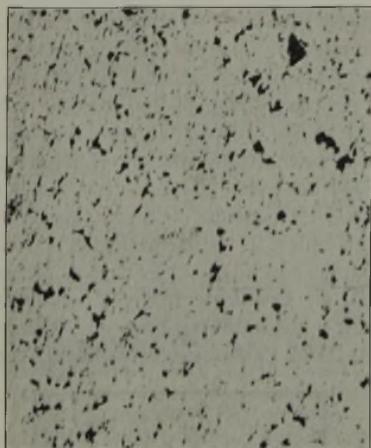


Bild 9. Gefüge von porigem, gesintertem Lagerwerkstoff auf der Eisengrundlage ($\times 70$; ungeätzt).

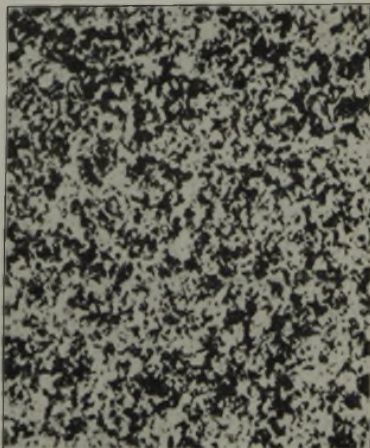


Bild 10. Gefüge von Hartmetall mit 77 % TiC, 15 % Mo₂C und 8 % Ni für Feinbohrzwecke ($\times 250$; geätzt mit Flußsäure + Salpetersäure).



Bild 11. Gefüge einer gesinterten Legierung mit 50 % W, 34 % Co, 10 % Cr, 0,3 % Ti, 0,7 % Si und 4,0 % C nach der Auftragsschweißung ($\times 90$; schwach geätzt mit Flußsäure + Salpetersäure).

körper beispielsweise als Filter verwendet werden. Porige Nickelformkörper haben Anwendung zum Druckfiltrieren alkalischer Lösungen gefunden¹⁸⁾.

Viel wichtiger ist aber die Anwendung poriger Sinterkörper als Lager. Diese sogenannten öllosen, besser selbstschmierenden Lager sind von Amerika aus in die Technik eingeführt worden. Es handelt sich um porige Sinterkörper aus Metallen mit verhältnismäßig niedrigem Schmelzpunkt, deren Poren mit einem Schmiermittel, beispielsweise hochwertigem, nichtharzendem Maschinenöl gefüllt werden. Solche Körper werden an nicht hochbelasteten Lagerstellen eingebaut. Sie sind in der Wartung recht unempfindlich, da die in den Poren sitzende Ölmenge über lange Betriebszeiten für die Schmierung ausreicht. Ein Anschluß an die Oelleitungen ist in der Regel nicht notwendig. Die meisten porigen Lagerkörper werden aus Kupfer und Zinn, gegebenenfalls unter Zusatz von kolloidal feinem Graphit hergestellt. Die übliche Zusammensetzung ist 6 bis 12 % Sn, Rest Cu, gegebenenfalls 1 bis 2 % Graphit. Zu dieser Mischung kommt meist noch ein Zusatz von flüchtigen Stoffen, wie 1 % Stearinsäure in Aether oder in einem anderen geeigneten Lösungsmittel. Als weitere derartige Zusätze werden Petroleum,

auf der Eisengrundlage gesteigerte Beachtung gefunden (Bild 9). Diese Lager, die ebenfalls mit Maschinenöl getränkt werden, sollen sich ähnlich wie die porigen Bronze-lager gut bewährt haben.

Hartmetallegerungen.

Die neuzeitlichen Werkzeugmaschinen werden in ständig steigendem Maße statt mit Schnellarbeitsstahl auf mit Hartmetall bestückte Werkzeuge umgestellt. Aus den Bearbeitungswerkstätten fast sämtlicher Industriezweige sind die Hartmetalle nicht mehr wegzudenken, besonders da durch ihre Anwendung eine bedeutende Steigerung der Schnittgeschwindigkeit und Leistung möglich war. Heute stehen für fast jeden Verwendungszweck geeignete Hartmetalle zur Verfügung, gleichgültig ob es sich um die Bearbeitung von Stahl, Grauguß, Leichtmetallen, Kupferlegierungen, Stein, Glas, Porzellan, Kunststoffen oder anderen Werkstoffen handelt.

Die neuzeitlichen Hartmetalle sind aus pulverförmigen Karbiden des Wolframs, Titans, Molybdäns, Tantals und Hilfsmetallen der Eisengruppe — meistens Kobalt — hergestellte Sinterlegierungen. Man erzeugt zunächst die Hartstoffe. Die feingepulverten Karbide oder Karbidgemenge werden mit Kobalt oder Nickel gemischt und bis zur kolloidal feinen Beschaffenheit in geeigneten Kugelmühlen vermahlen.

¹⁷⁾ Saklatwalla, B. D.: Min. & Metall. 20 (1939) S. 9/12; siehe auch Metall u. Erz 36 (1939) S. 588/89; 37 (1940) S. 51/52.

¹⁸⁾ Schlecht, L., und G. Trageser: Chem. Fabrik 12 (1939) S. 243/44.

¹⁹⁾ Metal Progr. 22 (1932) S. 32/37.

Das Karbidhilfsmetallgemenge wird nun unter einem Druck von etwa 1000 bis 2000 kg/cm² in Stahlmatrizen zu Stäben verpreßt. Die Preßstäbe werden bei 900 bis 1000° vorgesintert und können in diesem Zustand mit Karborundumscheiben und Schleifkörpern zu Plättchen und anderen Körpern verformt werden. Die Formkörper werden anschließend in elektrisch beheizten Oefen (Kohlerohrwiderstandsöfen, Hochfrequenzvakuumöfen und Oefen mit Molybdänheizleitern) bei Temperaturen von 1400 bis 1500° fertig gesintert. Durch die metallkeramische Herstellungsweise der Hartmetalle gelingt es, die Härte der Karbide mit der Festigkeit und Zähigkeit der Bindemittelphase in günstiger Weise zu vereinigen. Im Schlibbild eines Sinterhartmetalles kann man die gleichmäßige Einbettung der Karbide in der Bindemittelphase deutlich erkennen (*Bild 10*). Erwähnt sei, daß die Hartmetalle nicht nur zur spanabhebenden Bearbeitung, sondern auch zu Ziehsteinen und als Armierung für besonders auf Verschleiß beanspruchte Werk-

des Wolframs oder Molybdäns — geringer raummäßiger Abbrand, geringe Neigung zur Werkstoffübertragung, geringe Schweißneigung, hohe Härte — und die kennzeichnenden Eigenschaften des Kupfers oder Silbers — hohe elektrische und Wärmeleitfähigkeit, große Zähigkeit, geringere Oxydationsneigung als Molybdän oder Wolfram — nebeneinander auftreten, so daß bestimmte Kontaktfragen einer geeigneten Lösung zugeführt werden konnten.

Für die Herstellung der genannten Verbundmetalle sind verschiedene Verfahren entwickelt worden. 1. Pulver aus den hochschmelzenden Metallen Wolfram oder Molybdän werden in Graphittiegel gefüllt. In die Hohlräume zwischen den einzelnen Körnern läßt man flüssiges Kupfer oder Silber eindringen. Die so gewonnenen Verbundmetalle lassen sich durch Schmieden, Walzen oder Strangpressen verformen. Durch Strangpressen verformter Werkstoff zeichnet sich durch eine besonders hohe Zähigkeit aus. 2. Man mischt Wolfram- oder Molybdänpulver im gewünschten Verhältnis



Bild 12. Gefüge eines Verbundkörpers mit 80 % W und 20 % Cu ($\times 70$; geätzt mit Kupferammoniumchlorid).

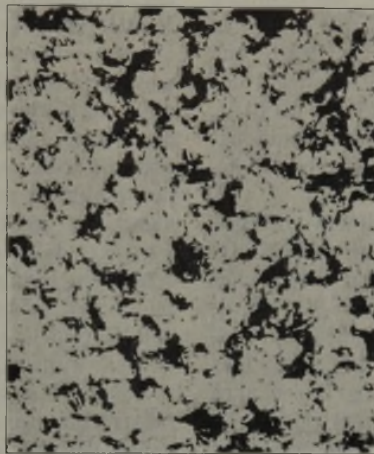


Bild 13. Gefüge eines Kupfer-Graphit-Verbundkörpers mit 5,5 % C ($\times 70$; ungeätzt).

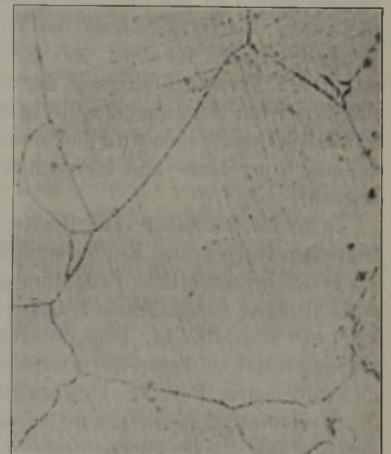


Bild 14. Gefüge einer Reinstmetalllegierung mit 58 % Ni, 22 % Fe und 20 % Mo ($\times 300$; geätzt mit Salzsäure + Salpetersäure).

zeuge, wie Schränpicken, Tiefbohrwerkzeuge, Kugelmöhlen, Schlaghämmer, ausgedehnte Verwendung finden.

Gesinterte Hartstofflegierungen auf der Grundlage Wolfram, Kobalt, Chrom, Titan, Kohlenstoff haben ebenso wie gegossene ähnlicher Zusammensetzung als Werkstoffe für die Auftragsschweißung an besonders stark beanspruchten Stellen ausgedehnte Verwendung gefunden. Feiner Hartmetallsplitt aus geschmolzenem oder gesintertem Hartmetall — oft auch größere Körner und Formstücke — werden mit Schweißelektroden aus Stahl, Stellite oder dergleichen auf eine auf Verschleiß beanspruchte Stahlunterlage aufgebracht. Als Schweißelektroden können auch gesinterte hochhilfsmetallhaltige Karbidgemenge oder Rohre mit eingesintertem Karbidfüllung Verwendung finden. *Bild 11* zeigt das Gefüge einer gesinterten Hartlegierung nach der Auftragsschweißung. Auch im Schmelzgefüge erkennt man deutlich, wie gleichmäßig die harten Karbide in die metallische Grundmasse eingebettet sind.

Verbundmetalle.

Verbundmetalle sind Metallgemenge, deren wesentlichste Bestandteile in der Regel keine Legierbarkeit aufweisen. Hierzu gehören die Kontaktbaustoffe²⁰⁾ auf der Grundlage Wolfram-Kupfer, Wolfram-Silber und Molybdän-Silber. Die hohe Bedeutung dieser Werkstoffe liegt darin, daß am elektrischen Kontakt die kennzeichnenden Eigenschaften

mit Kupfer- oder Silberpulver, verpreßt das Gemenge und sintert unterhalb des Kupfer- oder Silberschmelzpunktes. Bei genügend hohem Kupfer- und Silbergehalt lassen sich die so hergestellten Körper spanlos weiterverarbeiten. Auf diese Weise gelingt es, Verbundmetalle mit sehr genauer, in weiten Grenzen veränderlicher Zusammensetzung zu erhalten. 3. Aus Wolfram- oder Molybdänpulver bestimmter Korngröße werden Preßkörper hergestellt und diese nach einer Vorsinterung bei etwa 1000° einer Formgebung unterzogen, so daß bestimmte porige Wolfram- und Molybdän-skelettkörper entstehen, die dann mit Kupfer oder Silber getränkt werden können. Derart hergestellte Körper lassen sich wegen ihres hohen Wolfram- oder Molybdängehaltes nicht mehr spanlos weiterverarbeiten; eine spanabhebende Bearbeitung ist allerdings mit Hartmetallwerkzeugen ohne weiteres möglich.

Das Gefüge der Verbundkörper geht aus *Bild 12* hervor, das einen kennzeichnenden Vertreter aus der Reihe Wolfram-Kupfer mit viel Wolfram zeigt. Der dunklere Gefügebestandteil ist das durch Aetzung angegriffene Kupfer.

Wolfram-Kupfer-Verbundmetalle werden mit ausgezeichnetem Erfolg in Hochspannungs-Schaltgeräten (Öl-, Löschkammer-, Kontraktionskammer-, Expansions-, Strömungsschaltern mit Öl, Luft oder Wasser, Druckgas-, Leistungstrenn-, Transformatoren-Regelschaltern) und in Niederspannungs-Schaltgeräten, besonders Kleinölschaltern,

²⁰⁾ Kieffer, R.: Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 35/40.

verwendet. In der Schweißtechnik finden die Verbundmetalle aus Wolfram-Kupfer mit bestem Erfolg Verwendung zur Armierung von Stumpfschweißbacken. Die hohe Härte der Verbundstoffe und die beachtliche elektrische und Wärmeleitfähigkeit erhöhen die Lebensdauer der Elektroden beträchtlich. Auch bei der Hochfrequenzhärtung von Fahrzeugkurbelwellen nach dem Doppel-Duro-Tocco-Verfahren^{20a)} haben sich Wolfram-Kupfer-Beläge für die Glühkopfkontakte als sehr wertvoll erwiesen. Wolfram-Silber-Verbundmetalle haben sich vor allem in Spannungsreglern zur Regelung niedriger Spannung sehr gut bewährt.

Die ältesten Vertreter der gesinterten Kontaktlegierungen sind die Kupfer- oder Bronzekohlen. Sie zählen darüber hinaus zu den ältesten Vertretern der Metallkeramik schlechthin. Aus Gemischen von Kupferpulver mit Graphit bis zu 20% werden Preßkörper hergestellt, die in reduzierendem Gas bis nahe an den Kupferschmelzpunkt erhitzt werden. Diese Körper finden ausgedehnte Verwendung als Schleifbürsten an Motoren und Generatoren. Sie verbinden die guten Gleiteigenschaften des Graphits mit der guten Leitfähigkeit des Kupfers. Zur Erhöhung der Härte und damit der Verschleißfestigkeit der Bürsten empfiehlt sich das Zulegieren von Zinn oder Blei in Mengen von 5 bis 10%. In solchen Legierungen wird die Sintertemperatur nur bis zur Bildung einer zinn- und bleireichen Bindemittelphase getrieben.

In letzter Zeit haben völlig dichte, warmdruckverdichtete Sinterlegierungen aus Kupfer und Eisen mit Graphit für Lagerzwecke beachtliche Bedeutung gewonnen. Das Gefüge eines derartig hergestellten Kupfer-Graphit-Verbundkörpers zeigt *Bild 13*. Bemerkenswert sind die guten Notlaufeigenschaften dieser Werkstoffe bei Trockenlauf und bei unterbrochenem Betrieb. Gewisse Beachtung finden auch die Verbundwerkstoffe Eisen-Blei und Eisen-Kupfer, die durch Tränken eines vorgesinterten Eisenskelettkörpers mit dem niedriger schmelzenden Metall hergestellt werden können und völlig dichte Körper ergeben.

Reinstmetalle und deren Legierungen.

Durch Verwendung reiner Metalle wie kohle- und sauerstofffreier Karbonylmetalle gelingt es, Bleche, Drähte und Bänder herzustellen, die in Reinheit und Gasfreiheit den hohen Ansprüchen der Vakuumtechnik genügen. Als Gitterdraht in Radoröhren kommen gesinterte austenitische Eisen-Nickel-Molybdän-Legierungen (*Bild 14*) zur Verwendung, die zum Teil wegen ihrer hohen Warmfestigkeit das reine Nickel in der Röhre verdrängt haben.

Ein großes Anwendungsgebiet hat sich auf dem Sinterwege in Form von großen Blöcken gewonnenes Nickel bei der Herstellung nickelplattierter Bleche erobert²¹⁾. Zur Herstellung solcher Blöcke wird das Karbonynickelpulver in aufrechtstehenden rechteckigen Formen in Wasserstoff bei 1000 bis 1200° gesintert. Wegen der guten Sinterfähigkeit der Karbonylmetalle werden dabei allein durch den Sintervorgang Dichten von über 8 g/cm³ erreicht, also Werte, die sehr nahe an die Dichte des geschmolzenen Nickels (8,85 g/cm³) herankommen. Die Sinterblöcke werden durch Schmieden und Walzen auf dem üblichen Wege zu großen Blechtafeln weiterverarbeitet, die dann zum Plattieren von Stahlblechen dienen können.

Diamant-Metall-Legierungen.

Eine besondere technische Bedeutung haben in jüngster Zeit die Diamant-Metall-Legierungen erlangt. Um den Dia-

manten als Schleifkörper zu verwenden, ist man verschiedene Wege gegangen. Man hat beispielsweise Diamantboart in organische Massen eingebettet oder Diamantpulver auf eine Stahlunterlage gebracht und die Lücken zwischen den Diamanten elektrolytisch mit Eisen oder Nickel ausgefüllt, die sich gleichzeitig mit der Stahlunterlage verbinden. Ein anderer Weg bestand darin, die Diamanten in weiche Metalle wie Kupfer oder Messing einzupressen. In neuester Zeit ist man dazu übergegangen, Grundmassen zu verwenden, die durch Sintern mit oder ohne gleichzeitige Bildung einer flüssigen Phase erzeugt werden. Vorgesprochen ist die Einsinterung von feinstem Diamant in Reineisen oder Eisenlegierungen, in Kupfer oder Kupferlegierungen (Kupfer-Zinn), schließlich in Hartmetalllegierungen oder hochwolframhaltige Verbundmetalle. Es scheint so, als ob sich die Einbettung in die beiden zuletzt genannten härteren Bindemittelarten durchsetzen sollte. Bei der Einbettung der Diamanten in Hartmetall oder in

Wolframverbundmetalle treten allerdings verhältnismäßig hohe Sintertemperaturen auf. Die Sinterung muß daher so geleitet werden, daß ein Angriff des Diamanten unter Bildung von Karbiden vermieden wird. Einbettungsmassen mit flüssiger Sinterphase haben den Vorteil, die Diamanten durch die beim Sintervorgang eintretende starke Schrumpfung sehr fest zu halten, so daß die Diamanten weitgehend abgenutzt werden können, bevor sie ausbrechen. Das Gefüge eines Diamantmetallkörpers zeigt *Bild 15*. Die dunklen Diamanten sind gleichmäßig in der hellen Grundmasse verteilt. Diese Diamantmetall- und Diamantkarbidlegierungen finden beispielsweise Verwendung als Abrichtwerkzeuge für Schleifscheiben aller Art. Da es durch das metallkeramische Verfahren möglich ist, an Stelle eines ein- oder zweikarätigen Diamanten eine entsprechende Menge an Diamantboart einzubetten, ist dieses Verfahren auch rohstoff- und devisenmäßig vorteilhaft²²⁾.

Das hauptsächlichste Anwendungsgebiet ist aber die schleifende Bearbeitung von Hartmetallformstücken und Hartmetallwerkzeugen aller Art mit Diamantmetall bestückten Topf- oder Profilscheiben. Man verwendet solche Werkzeuge vornehmlich zum Fein- und Feinstschliff von Flächen und Schneidkanten oder zur Erreichung einer ganz besonderen Genauigkeit an Lehren. Bemerkenswert ist hierbei, daß die Werkzeuge auch dann mit Erfolg arbeiten, wenn Verbundwerkstücke aus Stahl und Hartmetall zu schleifen sind.

Sonstiges.

In der bisherigen Uebersicht sind nur die wichtigsten Erzeugnisse der Metallkeramik behandelt worden. Die Herstellung von weniger bedeutsamen metallkeramischen Erzeugnissen oder von solchen, die noch in der Entwicklung

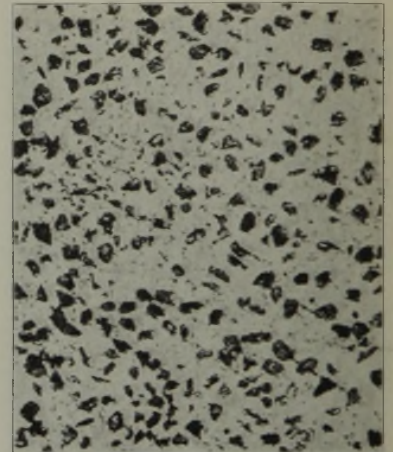


Bild 15. Gefüge einer Diamant-Metall-Legierung mit Grundmasse aus wolframreicher Legierung ($\times 6$; ungeätzt).

^{20a)} Kieffer, R.: Autom.-techn. Z. (1940) S. 109/12.

²¹⁾ Schlecht, L., und G. Trageser: Metallwirtsch. 19 (1940) S. 66/68.

²²⁾ Urbanek, F.: Schleif- u. Poliertechn. 17 (1939) S. 2/4.

begriffen sind, soll nur kurz gestreift werden. Erst in den letzten zehn Jahren ist es gelungen, die Metalle Vanadin, Thorium, Zirkon, Titan und Chrom in zäher Form herzustellen. Die Gewinnung der entsprechenden Metallpulver geschieht ähnlich wie bei Tantal. Durch Pressen und Sintern der Pulver nahe ihrem Schmelzpunkt im Hochvakuum kommt man zu in der Kälte verarbeitbaren Sinterstäben. Eine Warmbearbeitung durch Schmieden kann nur unter Anwendung gewisser Schutzmaßnahmen (Boraxdecke) geschehen, um eine Oxydation der porigen Sinterstäbe zu vermeiden. Bis heute hat noch keines der genannten Metalle eine industrielle Verwendung gefunden.

Die in der Zahnheilkunde für Zahnplomben verwandten Legierungen sind auch metallkeramischer Natur. Ausgangsstoffe sind gepulverte Silber-Zinn- oder Gold-Zinn-Legierungen, denen erforderlichenfalls noch geringe Mengen von Kupfer und Zink zugesetzt werden. Die Pulver werden mit einer geeigneten Menge Quecksilber vermengt und verfestigen sich ohne Anwendung von Wärme unter Bildung verschiedener fester Phasen (Silber-Amalgam und Silber-Kupfer-Mischkristalle²³).

Daß metallkeramische Verfahren zur Herstellung von Magneten herangezogen werden²⁴) wurde schon erwähnt. Das Erschmelzen kleiner und kleinster Dauermagnete auf der Grundlage Eisen-Nickel-Aluminium bringt wegen der schlechten Vergießbarkeit dieser Legierung gewisse Schwierigkeiten mit sich. Da der sehr hochwertige Dauermagnetwerkstoff zudem die unangenehme Eigenschaft hat, sich nur durch Schleifen nachbearbeiten zu lassen, ist der Gedanke, auf metallkeramischem Wege sofort zu Fertigkörpern zu gelangen, bei denen sich eine Nachbearbeitung erübrigt, sehr naheliegend. Sintermagnete zeichnen sich durch ihre Feinkörnigkeit und eine damit verbundene höhere Festigkeit aus. Bild 16 zeigt das feine Bruchgefüge eines gesinterten Dauermagneten gegenüber dem einer Gußlegierung.



Bild 16. Bruchgefüge von Eisen-Nickel-Aluminium-Dauermagneten (links Guß, rechts Sinterlegierung).

Auch die Herstellung von Gußeisen und Hartmanganstahl auf dem Sinterwege wurde vorgeschlagen.

²³) Loebich, O.: Z. Metallkde. 32 (1940) S. 15/17.

²⁴) Howe, G. H.: Iron Age 145 (1940) Nr. 2, S. 27/31.

Durch Beachtung verschiedener Arbeitsbedingungen ist es nach W. D. Jones²⁵) gelungen, aus Gußeisenpulver gesinterte Teile durch Warmpressen an Luft mit der ungewöhnlichen Zugfestigkeit von rd. 60 kg/mm² zu erzeugen. Die Herstellung von Hartmanganstahl auf dem Sinterwege wird vornehmlich wegen der schlechten Bearbeitbarkeit des auf dem Gießwege hergestellten Stahles empfohlen²⁶). Falls Werkzeuge aus Hartmanganstahl herzustellen seien, könne man entsprechende Formkörper zunächst bei etwa 900° vorsintern und nach Fertigbearbeitung zu den verlangten Werkzeugteilen bei höherer Temperatur fertig sintern. Das Verfahren hat offenbar bisher noch keine praktische Bedeutung gewonnen.

Zusammenfassung.

Die Gründe, die die Metallurgie veranlaßten, durch die Metallkeramik neue Wege zu gehen, werden in Verbindung mit einer geschichtlichen Betrachtung der Entwicklung aufgezeigt. Die Metallkeramik muß angewendet werden, wenn der Werkstoff wegen seines zu hohen Schmelzpunktes nicht auf übliche Weise geschmolzen und vergossen werden kann. Die Ausgangsstoffe der Metallkeramik, die verschiedenen Verfahren zur Herstellung der Pulver (Stampfen und Mahlen, Körnen, Zerstäubung, Karbonylverfahren, chemische Fällung, elektrolytische Abscheidung, chemische Umsetzung bei hoher Temperatur), sowie die Verarbeitung der Pulver zu metallischen Formkörpern durch Formgebung und Sintern werden eingehend beschrieben. Die physikalisch-chemischen Vorgänge beim Sintern werden durch Heranziehen entsprechender Erscheinungen in der Keramik beim Sillimanit und Sinterkorund erläutert. Die Sinterung kann mit und ohne Anwesenheit einer flüssigen Phase erfolgen. Auf die Haupterzeugnisse der Metallkeramik, wie hochschmelzende Metalle (Wolfram, Molybdän, Tantal), porige Metallkörper für Lager, Hartmetalle für die Bearbeitung von Werkstoffen, Verbundmetalle (Kupfer-Wolfram, Silber-Wolfram, Molybdän-Silber) besonders für Kontaktbaustoffe, Reinstmetalle und deren Legierungen, Diamant-Metall-Legierungen sowie Eisen-Nickel-Aluminium-Dauermagnete wird eingegangen und Anwendungsgebiete aufgezeigt. Die Metallkeramik hat der Technik eine Reihe bemerkenswerter Werkstoffe, die wichtige Anwendungsgebiete haben, geschenkt und erscheint auch für die Zukunft berufen, die Technik noch mit manchen wertvollen Werkstoffen zu bereichern.

²⁵) Metal Treatm. 5 (1939) S. 145.

²⁶) DRP. Anmeldg. F 82 960 vom 4. 5. 37.

Hundert Jahre Friedenshütte.

Die Industrialisierung Oberschlesiens, d. h. der Ausbau der Berg- und Hüttenwerke, erhielt durch Friedrich den Großen den stärksten Auftrieb, der seinen unmittelbaren Ausdruck fand in der Errichtung der Königlichen Hüttenwerke zu Malapane, Kreuzburg, Gleiwitz und Königshütte, mittelbar jedoch befruchtend auf den privaten Unternehmer einwirkte, der nun mit kühnem Wagemut den entscheidenden Schritt tat, und das Eisenhüttenwesen aus dem Zustand des Gewerbes in eine Industrie überführte. Graf Norbert Colonna war wohl einer der ersten dieser Unternehmer, dessen verschiedene Werke zu Anfang des 19. Jahrhunderts in 3 Hochöfen und 15 Frischfeuern jährlich rd. 1000 t Roheisen und 830 t Stabstahl erzeugten. Ihm folgte durch Erbteilung Graf Andreas Maria Renard,

der die Pläne Colonnas in hervorragender Weise fortführte und der bereits zum Puddelverfahren und zum Stabstahl- und Blechwalzwerk gelangte. Um noch einen dritten dieser standesherrlichen Unternehmer zu nennen, so erbaute Graf Hugo von Henckel-Donnersmarck Ende der 1830er Jahre nach den Plänen von Friedrich Wilhelm Wedding die Laurahütte mit der damals gewaltigen Erzeugung von 5000 t Stabstahl jährlich.

Diese Vorbilder und diejenigen der zahlreichen anderen privaten Unternehmer sind wahrscheinlich der Ansporn gewesen, daß einige Kaufleute aus Beuthen und Breslau im Jahre 1840 im Beuthener Stadtwalde ein Hochofenwerk, die Friedenshütte, gründeten, wenngleich die wirtschaftliche Lage damals wenig aussichtsreich war, und fremdes

Roheisen in Oberschlesien zu einem Preise angeboten wurde, der unter den Selbstkosten der dortigen Hochofenwerke lag. Aber trotzdem setzte sich das junge Unternehmen durch. Beuthener und Tarnowitzer Brauneisenerze sowie Kohlen benachbarter Gruben, die auf dem Hüttenplatz in Meilern verkocht wurden, bildeten die Rohstoffgrundlage. Die Hüttenanlage bestand aus einem Hochofen in Raughemauer nebst Gichtturm, Gießhalle, Möllergebäude, Gebläsemaschine mit einem Dampfzylinder von 900 mm Durchmesser und einem Gebläsezylinder von 1500 mm Durchmesser. Anfänglich bewegte sich die Erzeugung dieses Hochofens um etwa 1000 t Roheisen jährlich. Als aber infolge der neuen Zollsätze auf Eisen vom 14. Juli 1844 die Nachfrage nach Roheisen stieg, erhöhte sich auch die Leistung des Hochofens, und er erreichte im Jahre 1846 eine Erzeugung von rd. 1500 t. Er stand damit an der Spitze aller oberschlesischen Kokshochöfen.

Der steigende Eisenbedarf Oberschlesiens konnte auf die Dauer nur durch Kokshochöfen befriedigt werden, da die Holzkohlenhochöfen sehr unter der Holzkohlenknappheit litten. Die zum Teil recht weiten Anfuhrwege für Holz verteuerten zudem die Selbstkosten und erschwerten den ohnehin sehr starken Preiskampf mit dem Koksroheisen.

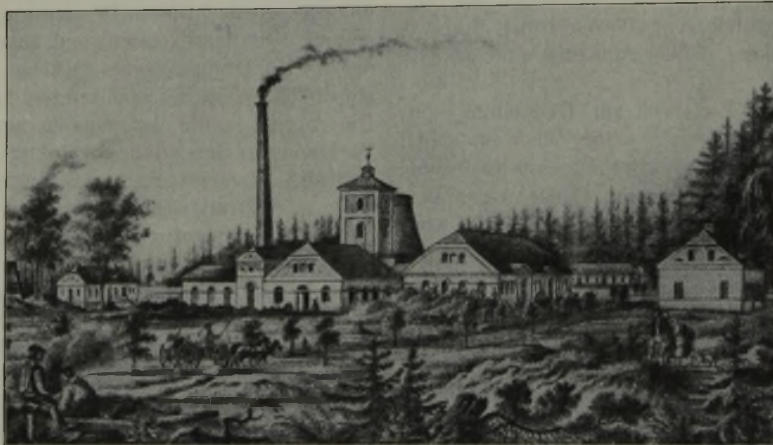


Bild 1. Ansicht der Friedenshütte 1856.

Die Tage der Holzkohlenhochöfen waren somit gezählt. Daher faßte der schon erwähnte Graf Andreas Maria Renard den Entschluß, zur Sicherstellung des Roheisenbedarfs seiner Werke, die bisher nur Holzkohlenroheisen verarbeitet hatten, einen Kokshochofen zu erbauen oder einen in Betrieb befindlichen zu kaufen. Verhandlungen, die Mitte des Jahres 1851 eingeleitet wurden, führten bereits am 12. August 1851 zum Verkauf der Friedenshütte an den Grafen Renard. Um aber das von ihm im Jahre 1836 an den Ufern der Malapane erbaute Puddel- und Walzwerk, das Zawadzkiwerk, mit den genügenden Mengen Roheisen zu versorgen, mußte Renard die Anlagen der Friedenshütte erweitern. Zunächst wurden die Kohlenmeiler abgeschafft und eine Batterie von 28 Schaumburger Koksöfen erbaut. Im Jahre 1854 konnte ein neuer Hochofen angeblasen werden, der eine Leistung von 1840 t jährlich erzielte. Auch der alte Ofen wurde abgebrochen und in den Abmessungen des im Feuer stehenden umgebaut. Außerdem wurde noch ein dritter Ofen in Angriff genommen. Im Jahre 1855 erreichte die Friedenshütte eine Roheisenerzeugung von nahezu 3700 t. Den Plänen des Grafen Renard kam allerdings auch die Wirtschaftslage entgegen. Einmal wurde die oberschlesische Eisenbahn zweigleisig ausgebaut, des weiteren wurde eine alle Berg- und Hüttenwerke verbindende Schmalspurbahn in Angriff genommen, drittens erhöhte der im Februar 1853 mit Oesterreich abgeschlossene Handelsvertrag die Ausfuhr oberschlesischer Erzeugnisse, und endlich wirkte sich das neue Berggesetz vom Jahre 1853 günstig auch für die oberschlesischen Eisenhütten aus.

Leider wurden die wirtschaftlichen Pläne des Grafen Renard durch harte Schicksalsschläge in seiner Familie

jäh unterbrochen. Dadurch wurde dem Grafen seine industrielle Tätigkeit verleidet, und er dachte daran, seine Eisenwerke zu verkaufen, ein Entschluß, der durch die damalige Wirtschaftslage, die gute Verkaufsmöglichkeiten bot, noch begünstigt wurde.

Als Käufer für die Renardschen Besitzungen trat ein damals neu gegründetes Unternehmen, die „Minerva, Schlesische Hütten-, Forst- und Bergbau-Gesellschaft“ auf, mit der der Kaufvertrag am 1. November 1855 abgeschlossen wurde. Die Friedenshütte bestand beim Übergang in den Besitz der Minerva aus zwei Hochofen (der dritte war noch im Bau), einer Kokerei mit 36 Oefen, einer Kraftanlage von 120 PS und den dazu gehörigen Einrichtungen sowie den notwendigen Nebenbetrieben und beachtlichen Ländereien. Die Minerva setzte die Aufbauarbeit des Grafen Renard auf der Friedenshütte fort. Die Koksofenanlage wurde noch um weitere 20 Oefen erweitert, und der dritte Hochofen im Jahre 1856 angeblasen. Das erzeugte Roheisen reichte jedoch nicht aus, um die weiterverarbeitenden Werke der Minerva zu versorgen. Ehe man aber an die Errichtung weiterer Hochöfen ging, verbesserte man zunächst die Windversorgung der bestehenden Oefen. Die neuen Gebläsemaschinen wirkten sich recht günstig auf die

Roheisenerzeugung aus, so daß man in den Jahren 1856/1858 mit drei Oefen durchschnittlich 6500 bis 6800 t Roheisen erblasen konnte. Die Wirtschaftskrise gegen Ende der 1850er Jahre zog auch die Minerva in ihren Bann, so daß im Jahre 1860 nur ein Hochofen kurze Zeit in Betrieb war, der eine Jahreserzeugung von kaum 150 t erbrachte. Nun stand diese große, gut ausgebaute Anlage fast still, und erst im nächsten Jahre konnte ein Ofen wieder dauernd in Betrieb gehalten werden. Kaum war die Wirtschaftskrise überwunden, da dachte die Leitung der Minerva auch wieder daran, die Leistung ihrer Anlage zu erhöhen, und wechselte daher im Jahre 1864 die bisherigen Wasseralfinger Winderhitzer gegen Hosenröhren-Winderhitzer aus. Die Windtemperatur stieg in diesen Winderhitzern auf 326°. Weiter wurden die alten Wassertonnenaufzüge durch Dampfaufzüge ersetzt, wodurch die Begichtung regelmäßiger und schneller erfolgen konnte, und schließlich tat die Lürmannsche Schlackenform, die im Jahre 1867 eingeführt wurde, ein übriges, die Roheisenerzeugung ganz wesentlich zu steigern. Während des Jahrzehnts von 1860 bis 1870 gestaltete sich das Roheisenausbringen wie folgt:

Jahr	Anzahl der im Feuer befindlichen Oefen	Erzeugte Menge Roheisen in t	Jahr	Anzahl der im Feuer befindlichen Oefen	Erzeugte Menge Roheisen in t
1861	1	3221	1866	3	11 696
1862	2	5955	1867	2	12 042
1863	3	9706	1868	3	15 484
1864	3	9224	1869	3	15 580
1865	2	8774	1870	3	12 795

Aber trotz dieser Steigerung blieb die Erzeugung gegenüber den damals von anderen oberschlesischen Werken neu er-

bauten Hochöfen zurück. Borsigwerk und Falvahütte übertrafen die Ofenleistungen der Friedenshütte bei weitem, so daß die Friedenshütte mit ihren Ofenleistungen bald an die fünfte Stelle in Oberschlesien zurückfiel. Wenn der Absatz auch besser geworden war, so ließen doch die Preise zu wünschen übrig. Man war daher bestrebt, die Selbstkosten zu senken. Das war aber nur möglich, wenn man die Anlagen erneuerte. Die hierfür notwendigen Geldmittel standen der Minerva nicht zur Verfügung, und es wäre wahrscheinlich zur Katastrophe gekommen, wenn nicht die in Gründung begriffene „Oberschlesische Eisenbahn-Bedarfs-Aktiengesellschaft“ den gesamten Besitz der Minerva im Jahre 1871 erworben hätte. Die durchgreifende Erneuerung der Anlagen sah die Errichtung von vier neuzeitlichen Hochöfen mit einer Jahresleistung von je 10 000 t vor. Der erste dieser neuen Oefen wurde im Jahre 1873 angeblasen. Dann kam die Wirtschaftskrise von 1873 und für die ganze ober-schlesische Eisenindustrie eine Zeit schwerster wirtschaftlicher Rückschläge. Man glaubte damals tatsächlich vor einem Ende der heimischen Eisenindustrie zu stehen. Die geldlichen Mittel waren außerordentlich knapp, deshalb konnte auch die bauliche Entwicklung der Werke mit der anderer Industriegebiete nicht Schritt halten. Für Neuerungen war überhaupt keine Neigung vorhanden.

In der Zwischenzeit hatte aber der Kampf zwischen dem Schweißstahl und dem Flußstahl eingesetzt. Für Oberschlesien begann die Flußstahlzeit mit dem Eintritt von Eduard Meier, der vom „Hoerder Bergwerks- und Hüttenverein“ in Hörde kam, wo man bekanntlich im Jahre 1879 zusammen mit den „Rheinischen Stahlwerken“ in Meiderich den ersten Thomasstahl auf deutschem Boden erblasen hatte. Meier übernahm im Sommer 1880 die Werke der „Oberschlesischen Eisenbahn-Bedarfs-Aktiengesellschaft“ und lenkte sein Augenmerk besonders auf die Friedenshütte. Neben Meier wirkte dort als Kaufmann Paul Liebert, der die geldlichen Grundlagen schuf, auf denen sich der Ausbau der Friedenshütte vollzog. Die zwanzigjährige Tätigkeit Meiers auf der Friedenshütte bedeutet für dieses Werk den Beginn seiner größten und nachhaltigsten Umgestaltung. Nicht allein, daß Meier das Thomasverfahren im Jahre 1883 einführte und dem Thomasstahl — unter tatkräftiger Mithilfe von Paul Liebert — Verwendungsgebiete erschloß und erweiterte, vielmehr plante er eine völlige Umgestaltung dieses reinen Hochofenwerkes zu einem gemischten Hüttenwerk. An das Thomasstahlwerk schloß er folgerichtig Blech- und Formstahl-Walzwerke an. Die Kokerei, die mittlerweile auf 120 Oefen gewachsen war, wurde durch eine Teergewinnungs- und Ammoniakanlage ergänzt. In seiner ganzen Größe zeigte sich Meier aber erst, als in der Nacht vom 24. zum 25. Juli 1887 durch eine Explosion die ganze Kesselanlage und das Gebläsehaus des Hochofenwerkes zerstört und Kokerei und Walzwerke in starke Mitleidenschaft gezogen wurden. Im Angesicht des Trümmerfeldes faßte er augenblicklich seine kühnen Pläne zum Neubau des gesamten Werkes. Ehe das Jahr 1887 zur Neige ging, stand das Hochofenwerk verjüngt und verbessert in Betrieb, nachdem er in der Bauzeit die stillliegenden Hochöfen der benachbarten Antonienhütte gepachtet hatte, um das Stahlwerk mit Roheisen versorgen zu können. Die eisernen Winderhitzer wurden durch steinerne nach Cowper ersetzt. Als die Verwendung des Thomasschrotts Schwierigkeiten machte, baute er ein Siemens-Martin-Stahlwerk mit zwei 15-t-Oefen, die ihm gleichzeitig den für die Blechherstellung notwendigen weichen Stahl lieferten. Zur Sicherstellung des Erzbedarfs der Hochöfen erwarb er im Jahre 1890 Eisenerzfelder in

Marksdorf, in der heutigen Slowakei, die bis zum Ende des Weltkriegs die Hochöfen zum guten Teil mit Erz versorgten. Um die wechselnde Zusammensetzung des Roheisens auszugleichen, wurde im Jahre 1895 beim Uebergang zum direkten Konvertieren ein Rollmischer von 150 t aufgestellt. Als Ersatz für das in Lisczok an der Malapane gelegene und im Jahre 1881 durch Feuer vernichtete Hammerwerk wurde auf der Friedenshütte eine Schmiede mit zwei kleineren Dampfhämmern erbaut. Daneben errichtete Meier ein Radreifenwalzwerk mit einer Radsatzdreherei, und um den bei der Koksgewinnung anfallenden Teer ergiebiger ausnutzen zu können, kam im Jahre 1896 eine Teerdestillation und daran anschließend eine Benzolfabrik in Betrieb. Die letzte Tat Eduard Meiers war die Errichtung eines Kraftwerks mit Hochofengasmaschinen. Er hat nur noch die Aufstellung der beiden ersten Maschinen von je 200 PS erlebt. Wenige Tage später, in der Morgenfrühe des 8. Januar 1899, ereilte ihn, am Schreibtisch sitzend, der Tod. Mit ihm ging einer der fähigsten Hüttenleute seiner Zeit dahin. Im nächsten Jahre setzten ihm seine Freunde in der „Eisenhütte Oberschlesien“, deren Mitbegründer und langjähriger Vorsitzender er gewesen war, ein Denkmal, das sogar der polnische Terror verschont hat, und das noch heute die Bedeutung Meiers für sein Werk und für die ober-schlesische Eisenindustrie der Nachwelt verkündet.

Die gute Wirtschaftslage zu Anfang dieses Jahrhunderts hatte vor allem eine starke Nachfrage nach Walzwerkserzeugnissen im Gefolge. Die Leistungen des Thomasstahlwerks steigerten sich daher derart, daß die Roheisenerzeugung nicht mehr ausreichte und man fremdes Roheisen hinzukaufen mußte. Wenn auch eine Konjunkturlagerung vorerst die Nachfrage nach Roheisen einschrumpfen ließ, so wurde doch noch im Jahre 1904 ein fünfter Hochofen aufgestellt. Er war mit Schrägaufzug, doppeltem Gichtverschluß und selbsttätiger Begichtung versehen und hatte einen Inhalt von 400 m³. Im Jahre 1906 wurde ein gleicher (6.) Ofen angeblasen. Die entfallenden Gichtgase wurden ebenfalls durch Gasmaschinen, die teils als Gebläsemaschinen Verwendung fanden, teils zur Stromerzeugung dienten, nutzbringend verwertet. Der noch vorhandene Rest wurde unter Kesseln verbrannt oder zur Beheizung der Koksöfen verwendet. Das Thomasstahlwerk, das bisher mit 10-t-Konvertern gearbeitet hatte, erhielt solche von 15 t, daneben einen Rollmischer von 350 t Inhalt. Das Siemens-Martin-Stahlwerk erhielt drei neue Oefen, und die Walzwerke, Block-, Formstahl-, Grob- und Feinblechstraßen wurden neu erbaut oder erweitert und mit leistungsfähigem Zubehör versehen. Besonders hervorzuheben werden soll das Feinblechwalzwerk, dessen Bau im Jahre 1904 begann. Es bestand aus drei Straßen, die insgesamt 4 Vor- und 10 Fertigerüste aufwiesen. Eine Dressierstrecke mit drei Gerüsten und eine Kistenglüherei vervollständigten die Anlage, die in drei Hallen untergebracht war.

Nach dem Tode von Eduard Meier leitete sein langjähriger kaufmännischer Kollege Paul Liebert die „Oberschlesische Eisenbahn-Bedarfs-Aktiengesellschaft“. Dessen Nachfolger wurden im Jahre 1904 Rudolf Hegenscheidt und Martin Böcker. Im nächsten Jahre trat nach der Verschmelzung der Huldshinskyschen Hüttenwerke mit der „Oberschlesischen Eisenbahn-Bedarfs-Aktiengesellschaft“ deren Generaldirektor Otto Niedt dem Vorstande bei, der vom Jahre 1915 an alleiniger Generaldirektor wurde. Für die Vorkriegszeit ist noch die Errichtung eines Elektrostahlwerks nachzutragen, das mit zwei Nathusius-Oefen von je 6 t ausgerüstet war, die Sonderstähle und Eisenlegierungen erschmolzen. So stand bei Ausbruch des Welt-

krieges die Friedenshütte als ein leistungsfähiges Hüttenwerk da, dessen Entwicklung durchaus noch nicht abgeschlossen schien.

Die Kriegs- und Nachkriegszeit ließ jedoch keinerlei Erweiterungen mehr zu. Es wurde noch ein siebenter Hochofen in kleineren Abmessungen, der Eisenlegierungen erblasen sollte, in Angriff genommen, aber nicht mehr fertiggestellt. Der jeden Unternehmungsgeist lähmende Beschluß des Völkerbundes über die Teilung Oberschlesiens trennte am 1. Juli 1922 die Friedenshütte von den übrigen Werken der „Oberschlesischen Eisenbahn-Bedarfs-Aktiengesellschaft“ ab; sie ging in den Besitz einer polnischen Gesellschaft mit einem Aktienkapital von 20 000 000 Goldzloty über. Unter den betrieblichen Veränderungen, die in der polnischen Zeit vorgenommen wurden, ist lediglich bemerkenswert der Abbruch des Thomasstahlwerkes im Jahre 1925. Dadurch wurde Platz frei für die Vergrößerung des Siemens-Martin-Stahlwerkes um einen Ofen von 60 t und einen kippbaren Siemens-Martin-Ofen von 100 t Leistung. Dem durch die Stilllegung des Thomasstahlwerkes verursachten Rückgang im Roheisenverbrauch wurde Rechnung getragen durch den Abbruch des Hochofens 5. Dagegen wurde der in der Kriegszeit in Angriff genommene Hochofen 7 in den Abmessungen der früheren Ofen aufgeführt. Durch Verbesserung der Windversorgung erreichte man bei diesem Hochofen teilweise Tagesleistungen bis zu 270 t.

Umschau.

Neue Siemens-Martin-Ofenbauarten in den Vereinigten Staaten.

Rekuperator-Versuchsofen. Für die Stahlerzeugung im Großofen bemerkenswerte Forschungsarbeiten wurden an einem bei Jones & Laughlin in Aliquippa errichteten kleinen Siemens-Martin-Ofen durchgeführt¹⁾. Der 1,2-t-Ofen hat drei Brenner, die mit kurzflämmiger Verbrennung zur Schonung der Ofenauskleidung, Köpfe usw. arbeiten. Um die Schwierigkeiten einer Gas- und Luftumstellung bei diesem Kleinofen, weiter die

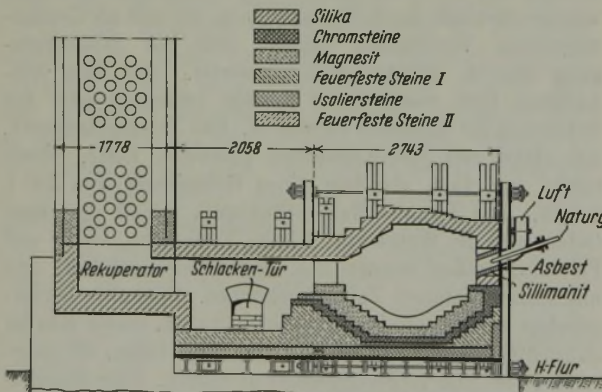


Bild 1. 1225-kg-Siemens-Martin-Versuchsofen mit Rekuperator.

Nachteile eines zum Oberofen unverhältnismäßig großen Unterofens zu umgehen, wählte man die Bauart des nur von einer Seite beheizten Rekuperativofens. Bild 1 zeigt einen Querschnitt des Ofens mit dem Karborundum-Röhren-Rekuperator. Die größte Höhe zwischen dem Silikagewölbe und dem aus Magnesit bestehenden Herd beträgt 1,35 m. Zwischen Abzugstür und Rekuperator liegt eine Schlacken-kammer von 2 m Länge, um ein Verstauben des Rekuperators durch mitgerissene Oxyde zu verhindern, die besonders die Karborundumrohre angreifen. Der Rekuperator selbst besteht aus zwei Reihen von je 18 Karborundumrohren von 152 mm Außendurchmesser, 25 mm Wandstärke und 1320 mm Länge. Die heißen Abgase umspülen beim Aufwärtsströmen die Rohre und entweichen nach oben. Die Luftvorwärmung beträgt 650°.

¹⁾ Work, H. K., und M. Banta: Proc. Open-Hearth Steel Conference, Amer. Inst. min. metallurg. Engrs. 1939, S. 161/77.

Da die Erzeugnisse der den Polen zugefallenen Eisenwerke nicht im Lande selbst verbraucht werden konnten, waren die Werke auf eine starke Ausfuhr angewiesen. Dadurch standen sie im Kampf mit den wirtschaftsstärkeren Eisenländern und konnten Absätze nur mit Preisopfern erringen. So begann die geldliche Lage der Friedenshütte bald bedenklich zu werden, zumal da der polnische Staat durch seine falsche Steuerpolitik noch dazu beitrug, die Schwierigkeiten der Werke zu erhöhen. Selbst in den wirtschaftlich guten Jahren 1927 bis 1929 konnte sich die Friedenshütte nicht erholen; im Jahre 1931 war ihre wirtschaftliche Lage derartig schlecht geworden, daß es schließlich zur Geschäftsaufsicht kam. Diese Notlage nutzte der polnische Staat aus und setzte sich in den Besitz der Aktienmehrheit, die bisher vollkommen in der Hand des Grafen von Ballestrem gewesen war, dem aber durch die polnischen Machenschaften nur mehr 48 % der Aktien verblieben. Kaum noch lebensfähig schleppte sich dieses einst große und gut aufgebaute Werk bis zum Herbst 1939 fort. Dann zerschlug die deutsche Wehrmacht in 18 Tagen das polnische Staatsgebilde, und die Friedenshütte kehrte mit Ostoberschlesien heim ins Reich. Große Aufgaben harren der Werksleitung, und es mag für die zukünftigen Arbeiten ein gutes Omen sein, daß die Friedenshütte ihr hundertjähriges Bestehen am 8. Juni 1940 wieder in der alten Heimat feiern konnte.

Die Gas-Luft-Gemisch-Brenner von 178 mm Dmr. haben zentrale Zuführung von Naturgas mit Düsen von 26 mm Dmr. Der Einsatz besteht aus 50 % kaltem Roheisen und 10 % Kalkstein, die mit dem Schrott in 2½ h heruntergeschmolzen werden. Da steigender, halb beruhigter und beruhigter Stahl erschmolzen wurden, führte man die Desoxydation nach den Schmelzerfordernissen und wenn irgendmöglich im Ofen selbst aus. Die Stahlgüte entspricht derjenigen der Großöfen.

Als besonders wesentlich sei herausgestellt, daß die mit dem kleinen Ofen erzielten Ergebnisse auf den Großbetrieb über-

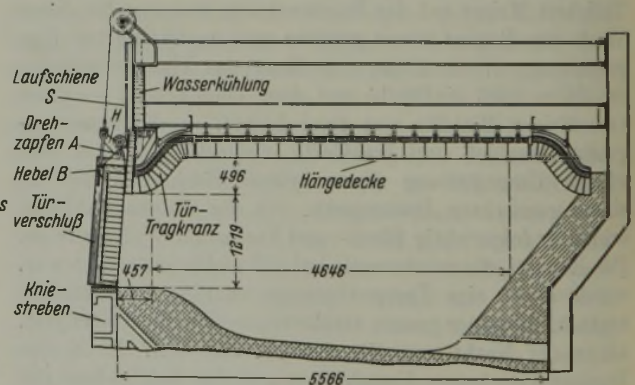


Bild 2. Querschnitt durch den 110-t-Ofen „ohne Vorderwand“ mit Hängedekke.

tragbar sind. Es kann also mit dem Kleinofen wertvolle und vor allem wirtschaftliche metallurgische Entwicklungsarbeit durchgeführt werden.

Nach einem Bericht von W. C. Kitto¹⁾ haben sich bei der Pittsburgh Steel Co. zahlreiche im Stahlwerksbetrieb getroffene Maßnahmen günstig auf die Ofenleistung ausgewirkt, die nach dem Umbau um 75 % (bezogen auf die Monatsleistung) anstieg. Verbesserungen und Umbau erstreckten sich auf: Einbau einer schrägen Rückwand aus basischen Steinen; Verwendung basischer Stirnwände, die eine Haltbarkeit von 175 bis 243 Schmelzen erreichen; Ausmauerung der wassergekühlten Ofenköpfe mit Tonerdesteinen zur Verhinderung von Gasundichtigkeiten im Gewölbe und in den Ofenwänden; Verhinderung von Gasundichtigkeiten in den Trennwänden durch Einbau einer Wasserkühlung; Verwendung von doppelt gebranntem Dolo-

¹⁾ Ebenda, S. 177/84.

mit in der Schlackenzone und von Magnesit im Herd; selbstreinigende Kühlwassersiebe an jedem Ende der Ofenanlage; Einbau von Temperaturmeßgeräten im Ofengewölbe; schnellfahrende Beschickungswagen unter Verwendung größerer Beschickungsmulden; Erhöhung und Gleichhaltung des Gasdruckes; Isolierung und gute Abdichtung des Ofens gegen Falschlufztutritt; Errichtung eines Laboratoriums in unmittelbarer Ofennähe, das mit zwei Karbometern ausgerüstet ist.

Eine Zusammenstellung von Betriebsangaben vor und nach diesen Umbauten (Zahlentafel 1) zeigt die erreichten Erfolge.

Siemens-Martin-Ofen „ohne Vorderwand“. L. S. Longenecker¹⁾ berichtet über eine auffällige Ofenbauart, einen 110-t-Ofen „ohne Vorderwand“, d. h. bei dem Ofen erstreckt sich die Beschickungsöffnung über die ganze Wandlänge. Der Ofen hat außerdem seitliche Hilfsbrenner in den Türen. Die Stahlherstellungskosten konnten durch die nachstehend aufgeführten Verbesserungen wesentlich gesenkt werden: Das Gewölbe ist als Hängedecke ausgeführt, wodurch die Steinhaltbarkeit um 40 bis 75 % erhöht wird; durch eine neue Bauart der Ofentüren und damit der gesamten Vorderwand; ortsveränderliche Vorderwand-Hilfsbrenner zum schnellen Herunterschmelzen der

Zahlentafel 1. Leistungssteigerung durch den Umbau.

	Vor dem Umbau	Nach dem Umbau	Leistungssteigerung in %
Monatsleistung t	5600	9000 bis 10 700	76
Schmelzgewicht t	95	138	45
Schmelzdauer h	12	8 h 45 min ¹⁾ bzw. 9 h 36 min ²⁾	—
Stundenleistung t/h	7,8	15,7 ¹⁾ und 14,3 ²⁾	100 ¹⁾ und 83 ²⁾
Herdleistung kg/m ² , h	118	217	83
Kohlenverbrauch kg/t Rohstahl	?	180	?
Badfläche m ²	51	57	—
Badtiefe am Abstich mm	710	890	—

¹⁾ Bestleistung. — ²⁾ Durchschnittsleistung.

Einsatz	55 bis 65 %	Roheisen
	davon 3 bis 4 %	kalt
	35 bis 45 %	Stahlschrott
	7,5 bis 8 %	Rohkalkstein
Steinverbrauch:		
doppelt gebrannter Dolomit	27,2	kg/t Rohstahl
Rohdolomit	1,3 bis 1,8	kg/t Rohstahl
Chromerz	0,9	kg/t Rohstahl
Magnesit	0,5	kg/t Rohstahl

werden allein auf 3 c/t Rohstahl, und die durch den Fortfall der Stirnwand bedingten Ersparnisse auf 2,1 c/t geschätzt.

Die Ofentüren haben eine 230 mm starke Ausmauerung aus feuerfesten Steinen. Besonders vorteilhaft hat sich im Betrieb die neue Bauart des Türverschlusses und der Wasserkühlung erwiesen (vgl. Bild 2). Beim Anziehen des Hebels H gleiten die Laufräder der Tür auf der

Schiene S nach oben und ziehen die Tür auf. Gleichzeitig wird durch die Anwendung der Doppelhebel A und B beim Schließen der Tür diese fest gegen die Ofenwand gepreßt. Die Wasserkühlung der Tür selbst ist weitgehend der unmittelbaren Ofenstrahlung entzogen. Die dadurch erzielten Wärmeersparnisse betragen etwa 1,2 c/t Rohstahl.

Bild 3 zeigt den Ofen von vorne mit zwei geschlossenen (links), drei geöffneten und mit Brennern versehenen und zwei gehobenen Türen. Die gesamte freie Beschickungsöffnung bei Öffnung sämtlicher sieben Türen hat eine Länge von 10,12 m. Unter den mittleren drei Türen sind außerdem sechs Hilfsbrenner angeordnet. Diese Hilfsbeheizung ist offensichtlich eine Folge der neuen Beschickungsart, denn sie soll das Herunterschmelzen der großen nicht genügend vorgewärmten Beschickungsmenge

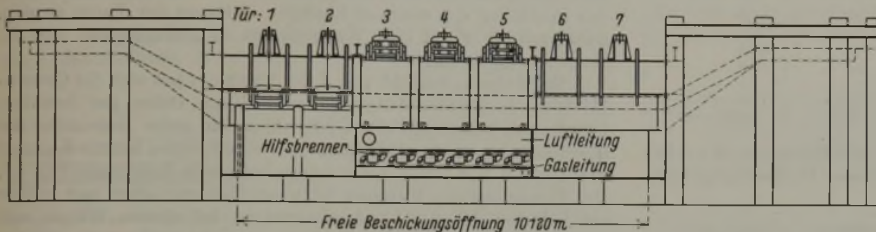


Bild 3. Seitenansicht des Siemens-Martin-Ofens „ohne Vorderwand“ mit sechs Hilfsbrennern.

Beschickung; Verwendung eines Groß-Beschickungswagens, der den kalten Einsatz in einem Arbeitsgang einsetzt, so daß die Beschickungszeit auf $\frac{1}{30}$ der bisher hierfür benötigten Zeit sinkt.

Bild 2 zeigt einen Querschnitt durch den neuartigen Oberofen. Die Silikasteine der Hängedecke greifen ineinander, außerdem sind alle Fugenverbindungen überlappt abgedichtet. Da die Hängedecke weiter die Zerlegung in bestimmte Abschnitte ge-

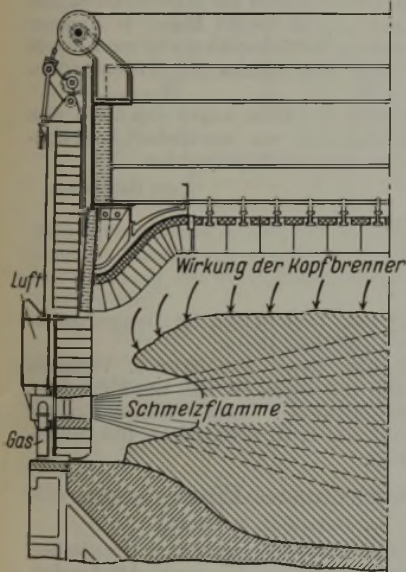


Bild 4. Hilfsbrenner zum raschen Einschmelzen von Schrott.

stattet, ist es möglich, jeden dieser Gewölbeteile mittels eines Kranes schnell auszuwechseln. Der durch die Deckenbauart mögliche Fortfall der Front-Ankersäulen und sämtlicher Türpfeiler bringt eine Vergrößerung des Ofenraums sowie vor allem die Schaffung einer einzigen großen Beschickungsöffnung über alle sieben Ofentüren hinweg. Der Herd selbst wird infolge des Fortfalls der sonst üblichen Ankersäulen und Pfeiler durch besondere Kniestreben gehalten (vgl. Bild 2). Die Ersparnisse durch Einbau der Hängedecke

¹⁾ Ebenda, S. 223/33.

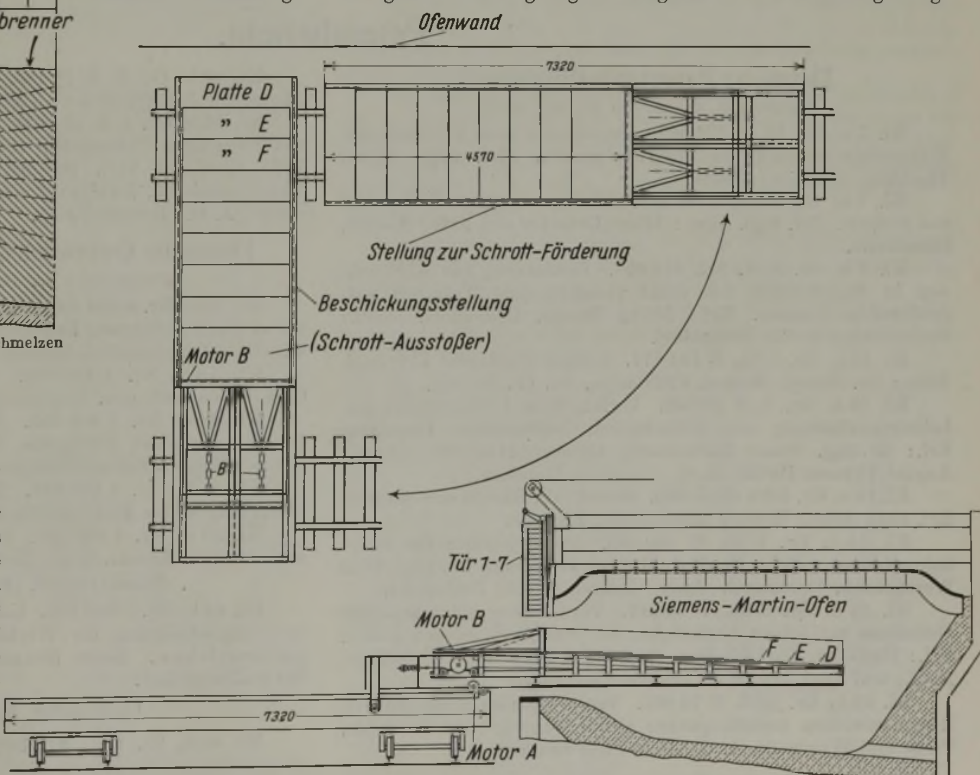


Bild 5 und 6. Großbeschickungswagen in Förder- und Beschickungsstellung.

Zahlentafel 2. Wärmebilanz zweier 110-t-Oefen mit verschiedener Beschickungsdauer.

Einsatz:
 Schwerer Schrott 40 % = 44,45 t, Temperatur nach der Beschickung ~ 500°
 Flüssiges Roheisen 60 % = 73,50 t, Temperatur während der Beschickung 1260°
 Erz = 18,15 t, Temperatur nach der Beschickung 500°
 Kalkstein = 7,25 t, Temperatur nach der Beschickung 500°

	Frühere Ofenbetriebsweise. Gesamtbeschickungsdauer: 60 min	Neue Ofenbauart und Betriebsweise. Gesamtbeschickungsdauer: 2 min
Erforderliche Nutzwärme, um die Beschickung auf 1600° zu bringen (237 000 kcal/t Rohstahl) . . . 10 ⁶ kcal	26	26
Ofenwärme nach dem Abstich (1620°, 232 m ²) 10 ⁶ kcal	38,6	38,6
„Schwarze“ Temperatur des Ofenraums nach der Beschickung °C	980	1590
Ofenwärme nach der Beschickung 10 ⁶ kcal	24,3	38,1
Ofenverluste während der Beschickung und gleichzeitiger Ofenwärmebedarf 10 ⁶ kcal	14,3	0,5
Wärmebedarf für Beschickung und Ofen 10 ⁶ kcal	40,50	26,6
Gesamtbrennstoffverbrauch (nach Betriebszahlen) 10 ⁶ kcal	139	91,5
Ständlicher Brennstoffverbrauch 10 ⁶ kcal/h	11,6	11,6
Ersparnis 10 ⁶ kcal	—	47,5
Schmelzdauer (110 t Rohstahl) h	12	7,9
Ersparnis h	—	4,1
Ofenleistung t/h	9,15	13,9 (+ 52 %)
Gesamtwärmeverbrauch 10 ⁶ kcal/t	1,27	0,833 (= 65 %)

Zahlentafel 3. Betriebsangaben von zwei Siemens-Martin-Oefen vor und nach dem Einbau einer Hilfsschlackenkammer.

	Ofen ohne Schlackenkammer	Ofen mit Schlackenkammer
I. Oelbeheizter 80-t-Ofen		
Ofenleistung t/122,4 Tage	23 540	24 523
Tagesleistung t/24 h	192,3	200,3
Stundenleistung t/h	8,02	8,35
Heizölverbrauch l/t	180	193
Brennstoffersparnis bei 23 540 t l	—	160 000
II. Koksofengasbeheizter 135-t-Ofen		
Ofenleistung t/188,2 Tage	39 339	zwei Ofenreisen 60 888 (in 276 Tagen)
Stundenleistung t/h	8,7	9,2 oder 9,4
Brennstoffverbrauch . . . kcal/t	1,533 · 10 ⁶	1,49 · 10 ⁶
Brennstoffersparnis . . . kcal/t	—	~ 43 000 (= 3,8 %)

beschleunigen. Während es die Aufgabe der Kopfbrenner ist, das Ofengewölbe warm zu halten und den Schrott von oben einzuschmelzen, beheizen die Hilfsbrenner mit kurzer Flamme die

Ofenrückwand und den Herd, d. h. sie heizen „tunnelförmig“ in den Schrott hinein (Bild 4). Die Hilfsbrenner selbst sind beweglich und können jederzeit beliebig an den einzelnen Oefen angebracht oder entfernt werden.

Die gesamte Beschickung wird mittels eines teleskopartigen, fünfteiligen Groß-Beschickungswagens auf einmal eingesetzt (Bild 5). Jede Einheit von rd. 2 m Breite und 7,3 m Länge fährt für sich vom und zum Schrottplatz, und erst zur gemeinsamen einmaligen Beschickung werden alle fünf Einzelwagen nach einer Wendung um 90° miteinander gekuppelt (Bild 6), so daß bei Öffnung aller Ofentüren über eine Gesamtlänge von 10 m beschickt wird. Durch Einzel- oder Verbundwirkung der beiden Motoren A und B wird der Schrott entweder in den Ofen gestoßen oder der Boden unter dem Schrott weggezogen. Die Verwendung einer derartigen Beschickungsvorrichtung soll nach den gemachten Angaben wesentlich die Schrottvorbereitungskosten senken. Man schätzt die Ersparnis auf 9 c/t Rohstahl. Auch dürfte sich hier die Möglichkeit bieten, leichteren Schrott auf wirtschaftliche Weise einzusetzen. Die Beschickungszeit sinkt von 60 auf 2 min, oder von 50 Einzelbeschickungen auf eine einzige. Beträchtlich scheinen auch die hierdurch erzielten Wärmeersparnisse durch das Fortfallen des sonst so häufigen Öffnens der Türen zu sein. Zahlentafel 2 bringt eine Wärmebilanz in Abhängigkeit von der Beschickungsdauer.

Nach einem Bericht von J. M. Crowe⁴⁾ hat sich die Crowe-Hilfsschlackenkammer an zahlreichen Oefen gut bewährt. Die Kammer liegt auf der Gießgrubenseite unter Bodenhöhe der Ofenhauptkammern. Bei einem 80- bis 100-t-Ofen hat die Kammer die Größe 2,5 × 2,5 × 3,7 m Länge bei einem Inhalt von 15,5 m³. Die Reinigung der Kammer ist wesentlich einfacher und billiger als bei den Hauptschlackenkammern, bei denen Wände und Pfeiler mit geschmolzener Schlacke bedeckt sind. Außerdem ist die Reinigung der Kammer während des Betriebes in insgesamt etwa 6 bis 8 h leicht durchführbar durch Entfernung eines Teiles des Kammergewölbes nach dem Ofenabstich. Der Schlackenklotz, der ein Gewicht bis 55 t erreichen kann, wird durch einen Kran herausgehoben. Die Gesamtkosten für Mauerarbeiten und feuerfeste Steine sollen sich auf 45 bis 60 Dollar je Kammer belaufen. Zahlentafel 3 enthält Betriebszahlen von zwei jeweils gleichen Oefen vor und nach dem Einbau der Hilfsschlackenkammer.

Auch bei einem weiteren 80-t-Ofen zeigte sich nach dem Einbau der Hilfsschlackenkammer ein merklicher Leistungsanstieg sowie ein Sinken des Brennstoffverbrauches.

Kurt Guthmann.

⁴⁾ Ebenda, S. 212/15.

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen¹⁾.

(Patentblatt Nr. 22 vom 30. Mai 1940.)

Kl. 7 a, Gr. 19, S 124 569. Einrichtung zum Ausgleich der Walzendurchbiegung bei Bandwalzwerken. Erf. zugl. Anm.: Thaddeus Sendzimir, Paris.

Kl. 7 b, Gr. 3/30, L 94 573. Einrichtung zum Kaltziehen von Rohren. Erf. zugl. Anm.: Albert Leverkus und Artur Hoehner, Düsseldorf.

Kl. 7 b, Gr. 5/01, Sch 114 668. Vorrichtung zur Ableitung von in Bandhaspeln mit axial verschiebbarer Trommel aufgewickelten Bunden. Erf.: Alfred Breuer, Düsseldorf. Anm.: Schloemann, A.-G., Düsseldorf.

Kl. 10 a, Gr. 5/04, B 184 171. Koksofenbatterie. Erf. zugl. Anm.: Dr. Joseph Becker, Pittsburgh, Pa. (V. St. A.).

Kl. 18 a, Gr. 5, T 50 192. Verfahren und Vorrichtung zur Leistungserhöhung von Schachtofen, insbesondere Hochöfen. Erf.: Dr.-Ing. Franz Bartscherer, Duisburg-Hamborn. Anm.: August-Thyssen-Hütte, A.-G., Duisburg-Hamborn.

Kl. 18 c, Gr. 5/10, St 56 960. Muffel von Härten von Stählen. Erf. zugl. Anm.: Werner Strathausen, Bochum.

Kl. 18 d, Gr. 2/30, H 160 099. Stahllegierung für Fahrbahnsehienen. Erf.: Dr.-Ing. Hubert Hoff und Dr.-Ing. Paul Werthebach, Dortmund. Anm.: Hoesch, A.-G., Dortmund.

Kl. 18 d, Gr. 2/80, V 34 217. Verwendung eines legierten Gußeisens für solche Gußstücke, die emailliert werden sollen. Erf.: Dipl.-Ing. Karl Lindner, Mannheim. Anm.: Joseph Vögele, A.-G., und Dipl.-Ing. Karl Lindner, Mannheim.

Kl. 24 k, Gr. 5/02, P 78 987. Verfahren zum Erneuern von Rippengewölben metallurgischer Oefen während des Betriebes. Preß- und Walzwerk, A.-G., Düsseldorf-Reisholz.

¹⁾ Die Anmeldungen liegen von dem angegebenen Tage an während dreier Monate für jedermann zur Einsicht und Einsprucherhebung im Patentamt zu Berlin aus.

Kl. 40 b, Gr. 8, A 76 785. Legierungen für Dauermagnete. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

Kl. 48 b, Gr. 2, K 154 631. Zus. z. Pat. 691 658. Verfahren zum einseitigen Ueberziehen von Eisen- od. dgl. Blech mit Zinn. Erf.: Gottfried Veit, Braunschweig. Anm.: Karges-Hammer Maschinenfabrik, Zweigwerk der I. A. Schmalbach Blechwarenwerke, A.-G., Braunschweig.

Deutsche Gebrauchsmuster-Eintragungen.

(Patentblatt Nr. 21 vom 23. Mai 1940.)

Kl. 18 c, Nr. 1 485 944. Regelvorrichtung zum Oberflächenhärten durch induktives Erhitzen und anschließendes Abschrecken. The Ohio Crankshaft Company, Cleveland (V. St. A.).

Kl. 18 c, Nr. 1 485 981. Warmhaltekasten für Glühgut. Olga Uhlendorff, geb. Engelhardt, Berlin W 15.

Kl. 18 c, Nr. 1 486 255. Bewegliche Schaffplatte für die Beschickung eines durch eine Tür verschließbaren industriellen Ofens. Siemens-Schuckertwerke, A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 21 h, Nr. 1 486 141. Leitungsführung für Lichtbogenöfen. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin NW 40.

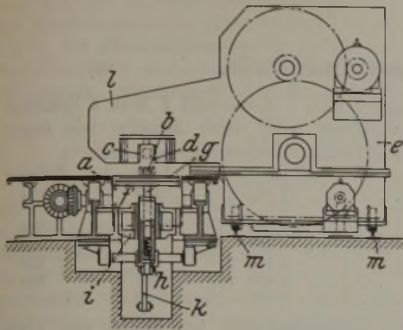
Kl. 37 b, Nr. 1 486 054. Geschweißter Träger. Hein, Lehmann & Co., Komm.-Ges., Berlin-Tempelhof.

(Patentblatt Nr. 22 vom 30. Mai 1940.)

Kl. 42 k, Nr. 1 486 346. Kombiniertes Gerät für Längs- und Quermagnetisierung für Werkstoffprüfung nach dem Magnetpulververfahren. Ernst Heubach, Maschinen- und Gerätebau, Berlin-Tempelhof.

Deutsche Reichspatente.

Kl. 49 c, Gr. 10₀₁, Nr. 685 900, vom 18. November 1934; ausgegeben am 8. Januar 1940. Fried. Krupp Grusonwerk, A.-G., in Magdeburg-Buckau. (Erfinder: Heinrich Kleff in Magdeburg.) Schere zum Unterteilen von auf einem Rollgang zugeführten, jedoch während des Schnittes ruhendem Walzgut.

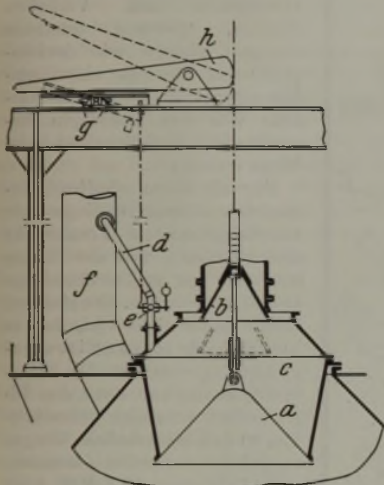


Das auf dem Rollgang a ruhende Walzgut b wird zwischen die Messerschneiden c, d der Schere e durch eine Platte f gehoben, die der Stempel g hochhebt; dieser ist auf der Feder h in einem zwischen den Rollen angeordneten Hubzylinder i nachgiebig gelagert

und wird durch Betätigen des Hebelwerkes k hochgehoben. Die Messer schneiden das Walzgut von der Seite und der Messerträgerarm l greift über das Walzgut, wobei die Messer in einem solchen Abstand über dem Rollgang angeordnet sind, daß die Schere längs des Rollganges, z. B. auf Schienen m, an beliebiger Stelle verfahren und eingestellt werden kann.

Kl. 18 a, Gr. 6₀₀, Nr. 686 112, vom 24. Mai 1938; ausgegeben am 3. Januar 1940. H. A. Brassert & Co. in Berlin. (Erfinder: George Hookham in Berlin-Halensee.)

Druckausgleichsvorrichtung an Gichtverschlüssen von Schachtföfen, besonders Hochföfen.



Zum Ausgleich des Druckes zwischen dem Innern des Hochofens und dem Raum zwischen den Glocken a und b, so daß beim Öffnen der großen Glocke a der Druck im Hochofen nicht als Gegenkraft wirken kann, wird der Raum c zwischen den beiden Glocken durch eine Umgehungsleitung d, die eine von der oberen Glocke aus gesteuerte

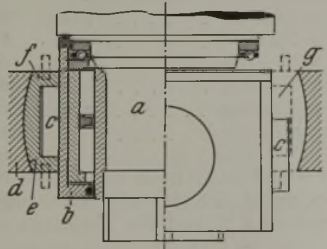
Absperrvorrichtung e hat, mit der Gasabfuhrungsleitung f verbunden. Vorrichtung e steht mit einem zweiarmigen Hebel g in Verbindung, der durch Schwenkhebel h für die kleine Glocke b betätigt wird.

Kl. 31 c, Gr. 17, Nr. 686 121, vom 19. Februar 1938; ausgegeben am 3. Januar 1940. Bochumer Verein für Gußstahlfabrikation, A.-G., in Bochum. (Erfinder: Dipl.-Ing. Peter Mathieu in Bochum.) *Verfahren zur Herstellung von Verbundstahlblöcken unter Verwendung einer zerstörbaren Trennwand.*

Die Trennwand besteht aus einem kohlenstoffabgebenden Werkstoff, der beim Gießen durch den Gießwerkstoff unter Wärmeabgabe zerstört wird, z. B. Holz.

Kl. 7 a, Gr. 18, Nr. 686 575, vom 8. Dezember 1935; ausgegeben am 12. Januar 1940. Albert Uhlenbrock in Schweinfurt. *Selbsttätig einstellbares Lager, besonders für Walzwerke.*

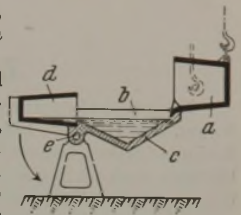
Walzenzapfen a ruht in einem Lagergehäuse b, das beiderseits so lange zylindrische Zapfen c hat, daß das Gehäuse b oder die Walze mit ihren beiden Gehäusen seitlich in das Fenster des Ständers d eingeschoben werden kann. Wand e des Fensters ist zylindrisch gestaltet. Entsprechende Schloßstücke f mit einer Einschiebenut g für die Zapfen c werden in senkrechter Richtung über die Zapfen des in die Fenster eingesetzten Gehäuses b geschoben. Stücke f umgreifen Zapfen c beiderseits in der Einbaurichtung des Gehäuses, so daß sich nach Aufschieben dieser Stücke das Lager nicht mehr axial zum Ständer d verschieben kann.



Kl. 31 c, Gr. 15₀₄, Nr. 686 764, vom 17. Oktober 1934; ausgegeben am 16. Januar 1940. Neunkircher Eisenwerk A.-G. vormals Gebrüder Stumm in Neunkirchen, Saar. (Erfin-

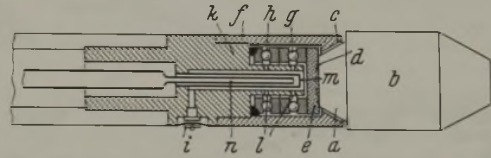
der: Johannes Haag in Neunkirchen, Saar.) *Vorrichtung zum Gießen von Flußstahl in Blockformen.*

Um den frei fallenden Gießstrahl und somit Aufnahme von Gas, Gasblasenseigerungen usw. zu vermeiden, fließt der Stahl aus der Gießpfanne a oder der Rinne eines Ofens in einen Zwischenbehälter oder die Vorwanne b mit mindestens einer schiefen Ebene c ein. Wanne b ist mit der am Boden geschlossenen Blockform d vereinigt und um Bolzen e drehbar, so daß beim Schwenken der Wanne und Blockform im Sinne des Pfeiles sich die Blockform langsam füllen kann.



Kl. 7 a, Gr. 17₀₃, Nr. 686 767, vom 23. Oktober 1937; ausgegeben am 16. Januar 1940. Deutsche Röhrenwerke, A.-G., in Düsseldorf. (Erfinder: Walter Neuhoff in Düsseldorf.) *Für Schrägwalzwerke zur Herstellung von Rohren bestimmter Dorn.*

Der kegelige Zapfen a des drehbaren Dornkopfes b wird in der kegelförmigen Ausnehmung c der Dornstange geführt. Zapfen a hat eine ebene oder schwachkugelige Endfläche d, mit der er sich gegen eine ebene oder schwachkugelige drehbare Druckscheibe e



stützt. Der die Ausnehmung c enthaltende Teil der feststehenden Dornstange wird als Ueberwurfmutter f ausgebildet, die die Druckscheibe e mit ihren Wälzlagern g, h umfaßt; durch den Schmiernippel i wird der Fettkammer im Teil k und von dort aus den Wälzlagern durch Bohrungen l das Schmiermittel zugeführt. In die Kammer ragt das einseitig geschlossene Rohr m hinein, in das durch das vorn offene Rohr n das Kühlmittel eintritt.

Kl. 18 c, Gr. 14, Nr. 686 780, vom 9. November 1933; ausgegeben am 16. Januar 1940. Zusatz zum Patent 685 609 [vgl. Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 416]. Amerikanische Priorität vom 28. Juni 1933. Frederick Regar Bonte in Canton, Ohio, V. St. A. *Herstellung von Gegenständen mit guten Gleiteigenschaften.*

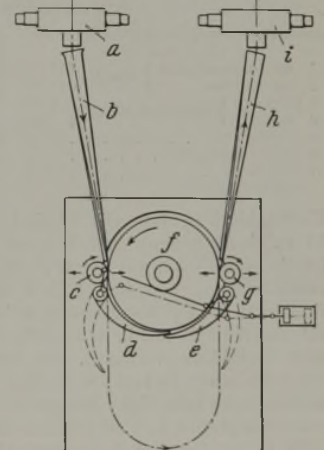
Nach der graphitisierenden Glühung werden die Gegenstände auf Temperaturen zwischen 760 und 982° erhitzt und danach abgeschreckt.

Kl. 24 c, Gr. 1, Nr. 686 933, vom 14. Mai 1936; ausgegeben am 19. Januar 1940. Dr.-Ing. Paul Rheinländer in Berlin. *Verfahren zum Beheizen von Öfen, die ein gegen Oxydation empfindliches Wärmegut enthalten.*

Die Kohlenwasserstoffe enthaltenden Heizgase erfahren vor ihrem Eintritt in den Ofen eine Teilverbrennung, durch die die vielatomigen Kohlenwasserstoffe in Kohlenmonoxyd und Wasserstoff zerlegt werden, wobei in der Teilverbrennungsvorkammer Katalysatoren, z. B. Eisen, anwesend sein können, um die Zerlegung zu fördern.

Kl. 7 a, Gr. 13, Nr. 686 967, vom 10. März 1935; ausgegeben am 19. Januar 1940. Bruno Quast in Rodenkirchen b. Köln. *Umführungsvorrichtung an Walzenstraßen.*

Sobald das aus dem Walzenpaar a austretende und in der Drallrinne b aufgerichtete breite und dünne Walzband bei abgehobener angetriebener Druckrolle c in die Rinnenwände d, e eingetreten ist, wird die Rolle c an die angetriebene mittlere Umföhrungstrommel f angedrückt. Ist das Band an der abgehobenen angetriebenen Druckrolle g vorbeigelaufen, so wird diese an die Trommel f angedrückt; es läuft dann in die Drallrinne h, die es flach legt und in das Walzenpaar i einführt. Druckrollen c und g können einzeln, unabhängig voneinander und unabhängig von der Steuerung der zum Bilden der Schleife ausschwenkbaren Rinnenwände gesteuert werden.



Wirtschaftliche Rundschau.

Zur gegenwärtigen Lage der französischen Schwerindustrie.

Noch ist auf dem westlichen Kriegsschauplatz alles im Fluß. Kaum, daß Holland, Belgien und Luxemburg besetzt waren, ein Ereignis, dessen Bedeutung sich für die Eisenwirtschaft augenblicklich noch nicht ganz übersehen läßt, erfolgte schon der Vormarsch unserer Truppen in Nordfrankreich und zur Kanalküste und damit die Besitzergreifung weiterer wichtiger Kohlen- und Eisengebiete. Für die Eisen schaffende Industrie Frankreichs ist aber der Verlust ihrer Kohlen- und Koksgrundlage ein geradezu vernichtender Schlag, von dem sie sich aller Voraussicht nach nicht mehr erholen kann.

Das beigefügte Bild 1 gibt einen Ueberblick über die Hauptgebiete der Kohlen- und Erzförderung sowie der Roheisen- und

18,7 Mill. t Steinkohle, 2,4 Mill. t Koks und 1 Mill. t Briketts. Nach Bezugsländern verteilen sich diese Mengen wie folgt:

Frankreichs Kohleneinfuhr nach Herkunftsländern (in 1000 t).	Herkunftsländern (in 1000 t).		
	Kohlen	Koks	Briketts
Insgesamt	18 704	2362	1034
davon aus:			
Deutschland	5 538	1075	242
England	6 347	16	118
Belgien/Luxemburg	3 553	602	539
Holland	1 200	609	134
Polen	1 570	5	—

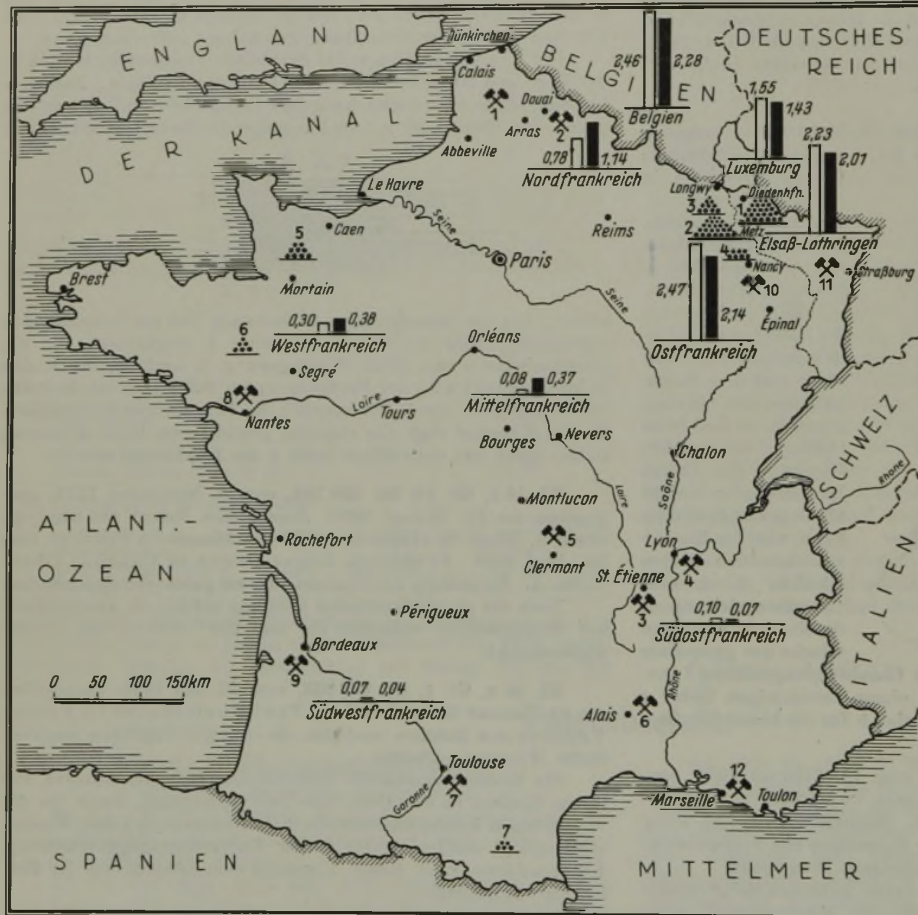
Von den früheren Kohlenlieferern ist heute nur noch England übriggeblieben, dessen Gesamtausfuhr an Brennstoffen in den jüngsten Jahren bei 40 Mill. t gelegen hat. Es ist völlig unmöglich für England, die entstandene Lücke der französischen Brennstoffversorgung zu füllen. Verschiedene gewichtige Gründe, wie Mangel an Bergleuten, an Grubenholz und Verkehrsmitteln, sprechen durchaus dagegen, ebenso wie devisenpolitische Gründe einer umfassenden Umlagerung der Ausfuhr von den bisherigen Absatzländern auf Frankreich im Wege stehen.

Für die Eisen schaffende Industrie und damit für die gesamte Rüstungsindustrie Frankreichs sind demnach von der Brennstoffseite her größte Schwierigkeiten zu erwarten. Es nutzt dem Lande daher nicht viel, daß es über eine sehr starke Eisenerzgrundlage verfügt. Die Eisenerzförderung hat stets den Eigenbedarf erheblich überschritten, so daß beträchtliche Mengen ausgeführt werden konnten, z. B. 1938 etwa 15,5 Mill. t bei einer Gesamtförderung von 33,2 Mill. t. Ueber 90 % der Förderung entfallen auf den Nordosten, hauptsächlich auf das altfranzösische Minettegebiet und das ehemalige Deutsch-Lothringen. Eingebüßt hat Frankreich hier bisher nur das Becken von Longwy mit rd. 7 % der Gesamtförderung. Dutzende von Gruben liegen im Kampfgebiet. Daß diese wichtigsten Eisenerzgebiete infolge ihrer ungünstigen strategischen Lage aufs äußerste gefährdet sind, braucht nicht erst betont zu werden.

Unter der gleichen Ungunst der strategischen Lage leidet auch die französische Eisen schaffende Industrie. Mit den Werken in Nordfrankreich, die schon in deutscher Hand sind, sind 13 % der französischen Roheisen- und 19 % der Flußstahlerzeugung verlorengegangen.

Rechnet man noch die Werke des Longwyer Beckens hinzu, so ergibt sich für die Roheisenerzeugung eine Gesamteinbuße von 24,2 % und für Flußstahl von 41 %¹⁾.

Es sind also bereits erhebliche Ausfälle für die französische Wehrwirtschaft festzustellen, die sich bei einigen Fertigerzeugnissen sogar besonders empfindlich bemerkbar machen, so z. B. bei Grobblechen, wo die Herstellung zu 45 bis 50 % auf die besetzten Gebiete entfällt, und bei Röhren, die fast zu drei Vierteln dort angefertigt werden¹⁾. Darüber hinaus kann aber noch mit einem weiteren Rückgang der Erzeugung gerechnet werden, wenn



Eisenerzförderung (Dreieck) **Roheisenerzeugung** (weißes Quadrat) **Steinkohlenförderung** (Kreuz) **Rohstahlerzeugung** (schwarzes Quadrat) im Jahre 1938 in Millionen Tonnen

Bild 1. Standorte des französischen Bergbaues und der Eisenindustrie. (Die Zahlen an den Symbolen für die Eisenerz- und Steinkohlenförderung weisen auf die nachstehende Aufteilung nach verschiedenen Bezirken hin.)

Eisenerzförderung im Jahre 1938 in 1000 t (nach Bezirken).	
1 Metz-Diedenhofen	13 773
2 Briey-Meuse	14 468
3 Longwy	1 897
4 Nancy	891
5 Normandie	1 589
6 Anjou-Bretagne	386
7 Pyrenäen	109
— Andere Bezirke	24

Steinkohlenförderung im Jahre 1938 in 1000 t (nach Bezirken).	
1 Pas de Calais (Arras)	19 124
2 Nord (Douai)	9 115
3 Saint-Etienne	3 274
4 Lyon	2 716
5 Clermont-Ferrand	1 373
6 Alais	2 440
7 Toulouse	1 542
8 Nantes	54
9 Bordeaux	13
10 Nancy	88
11 Straßburg	6 739
12 Marseille	23

Flußstahlerzeugung. Die Steinkohlenförderung Frankreichs ist zu einem wesentlichen Teil auf die Bezirke Nord und Pas de Calais beschränkt, auf die 1938 rd. 28 Mill. t oder 60 % der Gesamtförderung von 46,5 Mill. t entfielen. Diese Fördermengen sind jetzt für die französische Kriegswirtschaft verloren. Zu beachten ist ferner noch, daß allein diese Gebiete über eine brauchbare Koks-kohle verfügen. Da die Eigenförderung Frankreichs den heimischen Bedarf nur zu zwei Dritteln zu decken vermochte, mußten noch erhebliche Mengen eingeführt werden, so daß Frankreich das größte Kohleneinfuhrland der Welt war. Für das Jahr 1938 belief sich der Kohlenbedarf auf rd. 68 Mill. t in Steinkohleneinheiten; mithin mußten noch eingeführt werden:

¹⁾ Deutscher Montandienst 5 (1940) S. 4.

man bedenkt, daß auf Ostfrankreich (Bezirk Meurthe et Moselle) und Elsaß-Lothringen (Bezirk Moselle) 78 % der Roheisen- und 67,3 % der Flußstahlerzeugung fallen. Mehr als drei Viertel der Hochofenwerke und zwei Drittel der Stahlwerke liegen also im gefährdeten Grenzgebiet. Die im Bereich der Maginolinie be-

findlichen Werke wurden bereits zu Kriegsbeginn entweder stillgelegt oder schränkten ihren Betrieb stark ein. Wenn auch die Arbeit später teilweise wieder aufgenommen wurde, so darf man trotzdem mit nicht unerheblichen Ausfällen gegenüber der Vorkriegszeit rechnen.

Durchführung der Gemeinschaftshilfe der Wirtschaft.

Durch § 13 der Verordnung über die Gemeinschaftshilfe der Wirtschaft vom 19. Februar 1940¹⁾ wurde der Reichswirtschaftsminister ermächtigt, im Einvernehmen mit den beteiligten Reichsministern und dem Reichskommissar für die Preisbildung die zur Durchführung und Ergänzung der Verordnung notwendigen Rechts- und Verwaltungsvorschriften zu erlassen. Von dieser Ermächtigung hat der Reichswirtschaftsminister am 3. Mai 1940 Gebrauch gemacht und eine Erste Verordnung zur Durchführung der Verordnung über Gemeinschaftshilfe der Wirtschaft erlassen²⁾. Weiterhin ist von der Reichswirtschaftskammer, gestützt auf § 3 der Durchführungsverordnung, eine „Beihilfeordnung im Rahmen der Gemeinschaftshilfe der Wirtschaft“ entworfen worden, in der einheitliche Grundsätze festgesetzt sind, die als Richtlinien im Sinne des § 1 der Verordnung vom 19. Februar 1940 gelten. Die Beihilfeordnung ist durch Erlaß des Reichswirtschaftsministers vom 15. Mai 1940 veröffentlicht³⁾.

Nach der Durchführungsverordnung dürfen Beihilfen u. a. nicht gewährt werden, a) soweit der antragstellenden Unternehmung Mittel zur Verfügung stehen, die das zur Wiederinbetriebnahme erforderliche Eigenkapital übersteigen, b) sofern festgestellt wird, daß die Erhaltung der antragstellenden Unternehmung volkswirtschaftlich nicht gerechtfertigt ist. Als Eigenkapital ist nach der Beihilfeordnung der Reichswirtschaftskammer anzusehen das Umlaufvermögen abzüglich der kurzfristigen Verbindlichkeiten. Kurzfristig in diesem Sinne sind Verbindlichkeiten mit einer Laufzeit unter drei Jahren. Das Umlaufvermögen ist in voller Höhe einschließlich etwaiger stiller Rücklagen anzusetzen. Zu den Verbindlichkeiten rechnen nicht die Einlagen stiller Gesellschafter, die Darlehen der Gesellschafter, die nicht als kurzfristig anzusehen sind, und steuerlich nicht anerkannte Rückstellungen. Darlehen der Gesellschafter, die kapitalverkehrssteuerepflichtig sind, gelten nicht als kurzfristig. Die Höhe des zur Wiederaufnahme erforderlichen Eigenkapitals setzen die Reichsgruppen im Einvernehmen mit den in Frage kommenden Wirtschaftsgruppen für den Bereich dieser Wirtschaftsgruppen fest. Die Entscheidung darüber, ob die Erhaltung der antragstellenden Unternehmung volkswirtschaftlich gerechtfertigt ist, treffen die für die antragstellenden Unternehmungen zuständigen Bezirkswirtschaftsämter. Als vollständiges Stillliegen. das Voraussetzung für die Inanspruchnahme der Gemeinschaftshilfe ist, gilt nur, wenn das stillgelegte Unternehmen eine planmäßige wirtschaftliche Tätigkeit zur Erzielung von Einnahmen oder anderen wirtschaftlichen Vorteilen, die über eine einmalige Betätigung hinausgeht, nicht mehr ausübt. Beihilfe darf auch nicht gezahlt werden, wenn das Unternehmen als Ganzes noch einen Ausgleich in sich selbst und in anderen Unternehmen finden kann, die mit ihm eine wirtschaftliche Einheit bilden. Als Anhalt für die Entscheidung, ob eine solche vorhanden ist, soll die Behandlung des Unternehmens im Steuerrecht dienen. Zahlung einer Beihilfe kommt vor allem dann nicht in Frage, wenn ein Betrieb oder ein Betriebsteil eines Unternehmens stillgelegt ist, während ein anderer Betrieb oder Betriebsteil oder mehrere andere Betriebe des gleichen Unternehmens fortgeführt werden. Das Unternehmen

hat ferner alle ihm gesetzlich zur Verfügung stehenden Maßnahmen zur Erleichterung seiner geldlichen Lage und zur Verbilligung der Erhaltung des Betriebes während der Stilllegung zu treffen. Dazu gehört z. B. die Inanspruchnahme der Vertragshilfeverordnung vom 30. November 1939⁴⁾ und ähnliches. Das Unternehmen hat sich weiterhin um die bestmögliche Verwertung des stillgelegten Betriebes und der Anlagen durch Vermietung, Verpachtung usw. zu bemühen. Werden die stillgelegten Anlagen dementsprechend ganz oder teilweise anderweitig ausgenutzt, oder finden Quoten- oder Kontingentsübertragungen an weiterverarbeitende Betriebe statt, so müssen die daraus fließenden Einkünfte vor allem für die Erhaltung des Unternehmens verwendet werden. Die Beihilfe darf nur einen etwa verbleibenden Fehlbetrag decken. Hat das Unternehmen in der Zeit, für welche die Beihilfe benötigt wird, körperschaftsteuerpflichtiges Einkommen, oder hat der Unternehmer einkommensteuerpflichtige Einkünfte, so sind diese Beträge angemessen zu berücksichtigen.

Die zu gewährenden Beihilfen sind so zu bemessen, daß sie die zur Erhaltung des stillgelegten Betriebes unabweisbar notwendigen Aufwendungen decken. Es können dabei zunächst unverzinsliche Vorschüsse als vorläufige Beihilfen gewährt werden; sie sind auf die endgültig gewährten Beihilfen zu verrechnen. Beihilfen, die von den Empfängern nicht für Zwecke der Erhaltung der stillgelegten Unternehmungen verwendet werden, sowie Ueberschüsse, die sich etwa bei bestimmungsmäßiger Verwendung der Beihilfen ergeben, sind zurückzuzahlen. Zu den beihilfefähigen Ausgaben rechnen auch Beiträge zur Organisation der gewerblichen Wirtschaft. Nicht beihilfefähig sind in der Regel Zinsen für Schulden, die wirtschaftlich mit der Gründung oder dem Erwerb des Unternehmens (Betrieb, Teilbetrieb) oder eines Anteils an dem Unternehmen oder mit einer Erweiterung oder Verbesserung des Unternehmens zusammenhängen. Dasselbe gilt für Schulden, die der nicht nur vorübergehenden Stärkung des Betriebskapitals dienen sollen. Dabei ist in allen Fällen Voraussetzung, daß die Gläubiger und ihre Angehörigen zusammen zu mehr als einem Viertel an dem Unternehmen beteiligt sind. Von den allgemeinen Grundsätzen für die Bemessung der Beihilfe kann im Einzelfall sowohl zugunsten als auch zuungunsten des antragstellenden Unternehmens abgewichen werden, wenn besondere Umstände es gerechtfertigt erscheinen lassen. Der Unternehmer soll grundsätzlich dem stillgelegten Betriebe seine Arbeitskraft ohne Entgelt widmen.

Gemäß § 6 der Durchführungsverordnung regelt die Reichswirtschaftskammer sodann mit Zustimmung des Reichswirtschaftsministers, des Reichsministers der Finanzen und des Reichskommissars für die Preisbildung das Verfahren zur Feststellung des Anteils der Gruppen an der Aufbringung der für die Durchführung des Beihilfeverfahrens erforderlichen Mittel. Die Reichswirtschaftskammer wird eine Umlageordnung herausgeben, die für alle Reichsgruppen die Belastung der umlagepflichtigen Unternehmen nach gleichen Maßstäben und Grundsätzen sicherstellt. Die Reichsgruppen werden auf diesen Grundsätzen der Reichswirtschaftskammer die Umlageerhebung einheitlich für ihren gesamten Bereich durchführen. Die Umlagen und etwaige Vorschußzahlungen hierauf sind steuerrechtlich als abzugsfähige Betriebsausgaben zu behandeln. Unternehmungen, deren Betrieb im Zuge der Kriegswirtschaft zum Erliegen kommt, sind von den Umlagen und Vorschußzahlungen zu befreien.

⁴⁾ Reichsgesetzblatt 1939, Teil I, Nr. 240, S. 2329 ff.

¹⁾ Reichsgesetzblatt 1940, Teil I, Nr. 33, S. 395/97; vgl. Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 237.

²⁾ Reichsgesetzblatt 1940, Teil I, Nr. 82, S. 737/38.

³⁾ Ministerialblatt des Reichswirtschaftsministeriums, Ausgabe B, 1940, S. 199/201.

Preishilfe für die ostoberschlesische Eisen schaffende Industrie.

In einem Erlaß an die Wirtschaftsgruppe Eisen schaffende Industrie vom 29. Mai 1940 genehmigte der Reichskommissar für die Preisbildung mit Rücksicht auf die derzeitige schwierige Lage der ostoberschlesischen Eisen schaffenden Industrie auf Grund des § 2 des Preisbildungsgesetzes vom 29. Oktober 1936 und des § 3 der Verordnung über das Verbot von Preiserhöhungen vom 26. November 1936, daß die Werke der Eisen schaffenden Industrie in den ehemals polnischen Gebietsteilen, die in das Reich eingegliedert worden sind, bei Lieferungen ins alte Reichsgebiet für Halbzeug und Walzerzeugnisse die westdeutschen Grundpreise als Preise ab Werk mit einem Frachtvorsprung bis zu 10 *RM* je t berechnen dürfen, wenn sich der Abnehmer im Einzelfall damit schriftlich einverstanden erklärt und sich verpflichtet, seine Preise nicht zu erhöhen. Soweit bei solchen Ge-

schäften der Eisenhandel eingeschaltet ist, gilt diese Regelung entsprechend, wenn der Abnehmer des Eisenhandels eine solche Verpflichtungserklärung abgibt. Der Handel darf in diesem Fall die Preiserhöhung, die sich gegenüber dem jetzt gültigen Preiserechnungsverfahren ergibt, seinem Abnehmer weiter berechnen.

Die Fälle, in denen der Preis gemäß den Vorschriften dieses Erlasses berechnet worden ist, sind allmonatlich dem Preiskommissar und dem Regierungspräsidenten in Kattowitz zu melden. Falls mit Zustimmung des Abnehmers ein höherer Frachtvorsprung als 10 *RM* in Rechnung gestellt werden soll, ist der Antrag dem Preiskommissar zur Entscheidung vorzulegen. Es wird besonders darauf hingewiesen, daß es sich bei dieser Regelung nur um Uebergangsvorschriften handelt, die der besonderen Kostenlage der Eisen schaffenden Industrie in Ostoberschlesien Rechnung tragen. Eine Aufhebung dieser Sonderregelung behält sich der Preiskommissar jederzeit vor.

Verein Deutscher Eisenhüttenleute.

Vortragsveranstaltung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute in Dresden.

Sonnabend, den 6. Juli 1940, 15.30 Uhr, findet in der Technischen Hochschule zu Dresden, Hörsaal 35 A im Zeuner-Bau, George-Bähr-Straße 3 c, eine

Vortragstagung

statt mit folgender Tagesordnung:

1. Aus der Arbeit des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute. Berichterstatter Dr.-Ing. O. Petersen, Düsseldorf.
2. Die Schlackenkunde als Grundlage der Metallurgie der Eisenerzeugung. Berichterstatter: Dr. phil. W. Oelsen, Düsseldorf.
3. Aufgaben auf dem Gebiet der Werkstoff-Forschung im Kriege. Berichterstatter: Professor Dr.-Ing. E. H. Schulz, Dortmund.

Anschließend, etwa 19 Uhr, **Kameradschaftsabend** (mit Gelegenheit zum Abendessen um 19 Uhr, wozu Anmeldung erforderlich ist) im Dresdener Ausstellungspalast, Dresden, Lennéstraße 3, am Rande des Großen Gartens (Preis des trockenen Gedecks etwa 2,50 RM; 100-g-Fleisch-, 20-g-Fettmarken).

Anmeldungen, soweit sie nicht schon erfolgt sind, bitten wir bis spätestens 29. Juni 1940 an die Geschäftsstelle des Vereins, Düsseldorf, Postfach 658, zu richten.

Für die Beschaffung von Unterkunft stellt sich der Verkehrsverein Dresden auf Wunsch gern zur Verfügung.

Änderungen in der Mitgliederliste.

- Aumann, Emil*, Generaldirektor i. R., Berlin-Schöneberg, Freiherr-vom-Stein-Str. 7. 11 005
- Baake, Reinhold*, Dr.-Ing., Leiter der Röchling'schen Eisen- u. Stahlwerke G. m. b. H., Abt. Wetzlar, Wetzlar; Wohnung: Gießen, Frankfurter Str. 34. 28 007
- Buchholz, Friedrich Karl*, Dr.-Ing., Stahlwerkschef des Edelmetallwerkes Baildonhütte, Kattowitz (Oberschles.); Wohnung: Königshütter Str. 68. 31 014
- Drath, Günter*, Dr.-Ing., Reichswerke A.-G. für Erzbergbau u. Eisenhütten „Hermann Göring“, Hütte Braunschweig, Abt. Stahlwerke, Watenstedt über Braunschweig; Wohnung: Immenndorf über Braunschweig, Nr. 1. 28 037
- Dulheuer, Fritz*, stud. rer. met., Breslau 16, Sternstr. 100. 38 234
- Geselle, Heinrich*, Dipl.-Ing., Stahlwerke Braunschweig G. m. b. H., Watenstedt über Braunschweig; Wohnung: Braunschweig, Altwiekering 59. 28 052
- Gnoth, Dieter*, Dipl.-Ing., Mansfeld A.-G., Kupfer- u. Messingwerke, Hettstedt (Südharz); Wohnung: Hermann-Göring-Straße 59. 35 154
- Kluitmann, Leo*, Dr. rer. pol., Düsseldorf-Grafenberg, Geibelstr. 46. 28 087
- Krüger, Alfred*, Dr.-Ing., Leiter der Abt. Werkstoffprüfung der Klöckner-Werke A.-G., Werk Haspe, Hagen-Haspe; Wohnung: Kirmesplatz 1. 28 099
- Martin, Erich H.*, Dr.-Ing., Vorstandsmitglied der Silika- u. Schamottefabriken Martin & Pagenstecher A.-G., Köln-Mülheim; Wohnung: Köln-Ostheim, Frankfurter Str. 796. 29 129
- Oberegger, Otto*, Dipl.-Ing., Betriebsdirektor, Vereinigte Oberschles. Hüttenwerke A.-G., Stahl- u. Preßwerk, Gleiwitz; Wohnung: Teuchertstr. 14. 22 129
- Otto, Martin*, Dipl.-Ing., Kriegsmarine-Abnahme, Düsseldorf 1, Karlstr. 70; Wohnung: Düsseldorf 10, Scheibenstr. 61. 18 078
- Schapo, Ludwig*, Dipl.-Ing., Oberingenieur der Fa. H. A. Brassert & Co., Berlin-Charlottenburg 2, Hardenbergstr. 7; z. Zt. berat. Ingenieur, Bilbao (Spanien), Hotel Ingla-terra. 26 090
- Schneider, Alfred*, Dr.-Ing., Walzwerkschef, Bismarckhütte A.-G., Bismarckhütte (Oberschles.); Wohnung: Lenzstr. 6. 29 173

Gestorben:

- Fuhrmann, Philipp*, Zivilingenieur, Frankenthal (Pfalz). * 6. 3. 1870, † 25. 5. 1940.
- Kieselstein, Ernst*, Direktor, Mülheim (Ruhr). * 29. 12. 1877, † 25. 5. 1940.
- Müller, Herbert*, Oberingenieur, Neuölsburg. * 28. 5. 1887, † 6. 3. 1940.
- Redaelli, Giuseppe*, Mailand. * 16. 5. 1880, † 16. 3. 1940.
- Stricker, Paul*, Betriebsdirektor i. R., Bad Godesberg. * 29. 6. 1876, † 16. 5. 1940.
- Tilmann, Walter C.*, Ingenieur, Duisburg-Meiderich. * 5. 8. 1882, † 21. 5. 1940.

Den Tod für das Vaterland fand:

- Hoppmann, Hans*, Dr. phil., Dr. rer. pol., Betriebsdirektor, Dessau. * 24. 11. 1898, † 3. 4. 1940.

Neue Mitglieder.

A. Ordentliche Mitglieder:

- Baumann, Walter*, Dipl.-Ing., Betriebsleiter, Poldihütte A.-G., Komotau (Sudetenland), Wohnung: Hermann-Göring-Str. 69. 40 222
- Beyerle, Wilhelm*, Ingenieur, Verkaufsleiter, F. Klöckner K.-G. Köln-Bayenthal, Düsseldorf 1, Kaiser-Wilhelm-Str. 22. 40 245
- Caesar, Otto Paul*, Assessor, Direktor, Vorstandsmitglied der Stahlwerke Röchling-Buderus A.-G., Wetzlar; Wohnung: Wertherstr. 8. 40 223
- Efler, Augustin*, Betriebsingenieur, Blechwalzwerke A.-G., Werk Neudek, Neudek (Egerland); Wohnung: Hermann-Göring-Straße 189. 40 224
- Gebauer, Harald*, Dipl.-Ing., Chemiker, Poldihütte A.-G., Komotau (Sudetenland); Wohnung: Roseggersteig 5. 40 225
- Hübsch, Franz*, Dipl.-Ing., Betriebsingenieur, Mannesmannröhren-Werke A.-G., Komotau (Sudetenland); Wohnung: Stifterzeile 16. 40 226
- Pöpel, Franz*, Dipl.-Ing., Oberingenieur, Schles. Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaft, Breslau 21, Viktoriastr. 54; Wohnung: Mörikestr. 21. 40 227
- Scherber, Rudolf*, Dipl.-Ing., Betriebsleiter, Poldihütte A.-G., Komotau (Sudetenland); Wohnung: Straußstr. 56. 40 228
- Schramm, Richard*, Oberingenieur, Hartmann & Braun A.-G., Kattowitz (Oberschles.), Friedrichstr. 33; Wohnung: Kattowitz-Idaweiche, Meisenweg 15. 40 246
- Standl, Roman*, Dr.-Ing., Oberingenieur, Poldihütte A.-G., Kladno (Böhmen); Wohnung: Palackystr. 24. 40 229
- Steinsdörfer, Rudolf*, Dipl.-Ing., Betriebsleiter, Poldihütte A.-G., Kladno (Böhmen); Wohnung: Prični 2. 40 230
- Sternkopf, Gustav*, Dipl.-Ing., techn. Beamter, Poldihütte A.-G., Kladno (Böhmen); Wohnung: Niederlegasse 2022. 40 231
- Wörner, Hans Jakob*, Dr. rer. nat., Betriebschemiker u. techn. Berater, Lonza-Werke G. m. b. H., Waldshut (Baden); Wohnung: Dorfhalde 49. 40 232
- Wüst, Hans*, Dr.-Ing., Poldihütte A.-G., Komotau (Sudetenland); Wohnung: Mayerstr. 1943. 40 233
- Zirm, Franz*, Dipl.-Ing., Mannesmannröhren-Werke A.-G., Werksabnahmestelle, Komotau (Sudetenland); Wohnung: Straußgasse 54. 40 234

B. Außerordentliche Mitglieder:

- Bresser, Friedrich*, stud. rer. met., Bochum, Alleestr. 34. 40 235
- Form, Paul*, stud. rer. met., Düsseldorf 10, Mörsenbroicher Weg 105. 40 247
- Glaese, Hans*, stud. rer. met., Clausthal-Zellerfeld, Rollstr. 14; Heimatanschrift: Essen, Gerlingstr. 8. 40 248
- Gottwald, Heinrich*, stud. rer. met., Remscheid, Elberfelder Str. 2. 40 236
- Hallemeier, Werner*, cand. rer. met., Bochum, Waldring 26. 40 237
- Ibing, Max*, cand. rer. met., Bochum-Gerthe, Gerther Str. 50. 40 238
- Jähmig, Werner*, stud. rer. met., Freiberg (Sachs.), Berthelsdorfer Straße 44. 40 239
- Kollenbach, Helmut*, stud. rer. met., Freiberg (Sachs.), Rittergasse 1. 40 240
- Killing, Hans-Peter*, stud. rer. met., Oberhausen (Rheinl.), Am Grafenbusch 26. 40 249
- Mee, Hans van der*, stud. rer. met., Clausthal-Zellerfeld, Rollstraße 16. 40 250
- Schmidt, Günter*, cand. rer. met., Essen, Ladenspelderstr. 34. 40 241
- Scholz, Konrad*, stud. rer. met., Helmstedt, Moltkestr. 40. 40 242
- Schröer, Paul*, stud. rer. met., Clausthal-Zellerfeld, Sägemüllerstraße 5. 40 251
- Vofsnacke, Emil*, stud. rer. met., Bochum, Waldring 24. 40 243
- Weigel, Fritz*, stud. rer. met., Freiberg (Sachs.), Erbische Str. 16 (b. Glöckner). 40 244

Eisenhütte Oberschlesien,

Zweigverein des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute.

Freitag, den 21. Juni 1940, 16 Uhr, findet im Bismarckzimmer des Casinos der Donnersmarckhütte, Hindenburg O.-S., die

45. Sitzung des Fachausschusses „Walzwerk und Weiterverarbeitung“

statt mit nachstehender Tagesordnung:

1. Betriebsverhältnisse beim Umkehrwalzen mit gittergesteuerten Gleichrichtern. Berichterstatter: Dipl.-Ing. G. Leder, Laband.
2. Bemerkenswerte Neuerungen im amerikanischen Walzwerksbau. Berichterstatter: Dipl.-Ing. G. Juretzek, Laband.
3. Betriebsfragen.