

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 40

3. OKTOBER 1940

60. JAHRGANG

Die Verhüttung der Eisenerze auf alten und neuen Wegen.

Von Robert Durrer in Berlin.

[Bericht Nr. 193 des Hochofenausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute.*]

(Verhütten im Hochofen. Direkte Eisengewinnung. Möglichkeit der Verbilligung der Verhüttung durch Verwendung günstigerer Ausgangsstoffe; Eisenerzeugung im Drehrohrofen und im elektrischen Ofen. Verwendung von hochhaltigem Sauerstoff; Kennzeichnung des sich hieraus ergebenden Sauerstoff-Niederschachtofens.)

Seit Jahrhunderten wird das Eisenerz im Hochofen auf Roheisen verhüttet, und auch heute noch wird das Roheisen zum größten Teil auf diesem Wege gewonnen. Da nur etwa ein Achtel des Roheisens als solches in Form von Gußeisen verwendet wird, während etwa sieben Achtel auf Stahl weiterverarbeitet werden, stellt das Roheisen im wesentlichen nur ein Zwischenerzeugnis dar. Deshalb liegt der Gedanke nahe, das Erz unmittelbar auf Stahl zu verhütten, wie es im alten Rennfeuer geschah. Da das alte Rennfeuer unwirtschaftlich arbeitet, wurde und wird versucht, es den heutigen Bedingungen entsprechend umzugestalten. Weiter sind Verfahren ausgearbeitet oder vorgeschlagen worden, unter Umgehung des üblichen Hochofenbetriebes Roheisen herzustellen. Die Verhüttung befindet sich in einer Zeit der Wandlung, und es lohnt die Frage zu untersuchen, ob und gegebenenfalls inwieweit eine Umgestaltung der klassischen Eisengewinnung möglich erscheint. Diese Überlegungen bezwecken nicht nur, Tatsachen zu kennzeichnen, sondern auch Anregungen zu geben, wobei auf die Phantasie nicht ganz verzichtet werden kann.

Bei der jetzt üblichen Stahlgewinnung wird durch ein Zuviel an Kohlenstoff zunächst Roheisen erzeugt, und dieses Zuviel an Kohlenstoff und anderen Begleitelementen des Eisens muß durch ein besonderes Verfahren wieder entfernt werden. Der Gedanke, aus dem Erz in einer Arbeitsstufe zum Stahl zu gelangen, hat also etwas Bestechendes an sich. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß das „direkte Arbeiten“ an sich wirtschaftlich kein Vorteil ist, und daß die sogenannte „direkte Stahlgewinnung“ in Wirklichkeit indirekter ist als die sogenannte indirekte. Nur wegen des Umgehens der Aufkohlung wird das unmittelbare Verfahren das Arbeiten im Hochofen nicht verdrängen können.

Die Wärmeausnutzung im Hochofen ist so gut, daß auch in dieser Hinsicht von einem neuen Verfahren keine grundsätzliche Verbesserung zu erwarten ist. Die Möglichkeiten, die Verhüttung umzugestalten, liegen also vor allem bei den Rohstoffen, bei Erz, Brennstoff und Sauerstoff. An Erz und Brennstoff stellt der Hochofen besonders physi-

kalisch hohe Anforderungen. Die Beschickung muß genügend stückig sein, um den aufsteigenden Ofengasen keinen zu großen Widerstand entgegenzusetzen; sie muß widerstandsfähig gegen Sturz, Bruch und Abrieb sein. Feinerz kann also, wenn überhaupt, nur in geringem Umfang verwendet werden; als Brennstoff kommt — abgesehen von Holzkohle, Anthrazit, Steinkohle, welche Brennstoffe nur auf wenige Gebiete beschränkt sind und für die im übrigen grundsätzlich das gleiche zutrifft — nur der verhältnismäßig teure Koks in Betracht.

Diese Forderungen verteuern den Moller und verringern unter sonst gleichen Verhältnissen die Arbeitsgeschwindigkeit, da mit steigender Stückgröße die Reaktionsfläche abnimmt. Am günstigsten wäre in diesem Falle Pulverfeinheit bei inniger Mischung. Beim Drehrohrofen ist Kleinstückigkeit nicht nur möglich, sondern erwünscht; er gestattet die Verhüttung von Feinerzen mit kleinstückigem Brennstoff. Der Drehrohrofen ist denn auch schon mehrfach zur Verhüttung von Eisenerzen vorgeschlagen worden. Das Arbeiten auf flüssiges Eisen — Roheisen und Stahl — hat jedoch bisher nicht zum Dauerbetriebe geführt, vor allem weil das Futter den hohen Anforderungen nicht gewachsen war. Die Ergebnisse zeigen jedoch, daß metallurgisch mit dem Drehofen gut zu arbeiten ist, und daß er, wenn die Futterschwierigkeiten beseitigt werden können, in manchen Fällen für die Verhüttung von Eisenerz zu verwenden wäre. Bisher hat sich für diese hohen Temperaturen aber nur der kurze Drehofen, der Trommelofen, bewährt, der diskontinuierlich und nicht nach dem Gegenstromverfahren arbeitet. Der gegen den Drehrohrofen früher erhobene Einwand, daß er sich zur weitgehenden Reduktion der Eisenoxyde nur mit reduzierender Atmosphäre eigne, ist nicht zutreffend. Solange die feste Beschickung Kohlenstoff enthält, wird in diese eindringendes oxydierendes Gas sofort in reduzierendes umgewandelt, so daß das Gas innerhalb der festen Beschickung und des darüber befindlichen Gasraumes ganz verschiedene Zusammensetzung haben kann. Bei niedrigeren Temperaturen, etwa zwischen Liquidus- und Soliduskurve im Eisen-Kohlenstoff-Schaubild, ist die Futterschwierigkeit überwunden. Nach den vorliegenden Erfahrungen eignet sich der Drehrohrofen besonders für stark saure Erze, die im Hochofen nicht ohne weiteres verarbeitet werden können, so daß er nicht nur wirtschaftliche, sondern auch metall-

*) Gekürzte Wiedergabe des am 22. Juni 1940 auf der Vortagstagung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute in Berlin und in der Vollsitzung des Hochofenausschusses am 16. Juli 1940 in Düsseldorf gehaltenen Vortrages. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664. zu beziehen.

urgische Vorteile bietet. Wenn auch heute das Anwendungsgebiet des Drehrohrofens noch stark beschränkt ist, so scheint er bei diesen grundsätzlichen Vorteilen doch eine beträchtliche Entwicklungsmöglichkeit zu haben.

Soweit sich die direkten Verfahren zur Stahlgewinnung diese Vorteile zunutze machen, ist von ihnen noch manches zu erhoffen. Sie werden sich, sofern die Verhältnisse heute schon einen Schluß zulassen, aber nie deswegen bewähren, weil sie auf „direkterem“ Wege zum Stahl führen als die sogenannte indirekte Verhüttung. Ein Beispiel liegt schon im Krupp-Rennverfahren vor, das metallurgisch als direktes Eisengewinnungsverfahren anzusehen ist.

Die physikalisch geringwertigen Möllerstoffe können auch im Schachtofen verwendet werden, wenn sie entweder in eine entsprechende stückige Form gebracht werden oder wenn er so niedrig ist, daß ihre geringen physikalischen Eigenschaften genügen. In der Stückigmachung physikalisch minderwertiger Brennstoffe sind in letzter Zeit bedeutende Fortschritte erzielt worden; Versuche mit Braunkohlenkoks im Hochofen haben zu einem ermutigenden Ergebnis geführt.

Vor allen Dingen spielt aber bei der Verwendung minderwertiger Brennstoffe im Hochofen dessen Höhe eine grundlegende Rolle. In dem Maße, wie sie geringer wird, gehen auch die Anforderungen an die physikalischen Eigenschaften zurück. Beim Niederschachtofen, also einem Schachtofen von nur wenigen Metern Höhe, ist die mechanische Beanspruchung der Möllerbestandteile nur noch sehr gering. Das ist denn auch beim Elektro-Niederschachtofen der Fall, bei dem der Heizbrennstoff durch elektrische Energie ersetzt wird. Ist für einen Ort die „elektrische Kalorie“ billiger als die „Kohlenkalorie“, so daß die elektrische Verhüttung der im Blashochofen überlegen ist, so kommt noch der weitere Vorteil hinzu, daß billigere Möllerbestandteile verwendet werden können. Bis jetzt sind Elektro-Niederschachtofen nur auf der Grundlage von billigem Wasserkraftstrom aufgestellt worden; die Möglichkeit der elektrischen Verhüttung wird aber für verschiedene Gebiete, in denen sich Eisenerze und Braunkohle finden, bereits untersucht. In diesen Gebieten, die keine Kokskohle bergen, und in denen der eingeführte Koks sehr teuer wäre, abgesehen von der damit verbundenen Abhängigkeit vom Auslande, erscheint die elektrische Verhüttung auf der Grundlage von Braunkohlenstrom eine bemerkenswerte Lösung. Eine solche Möglichkeit, mit Hilfe von Braunkohlenstrom zu verhüten, besteht aber nur so lange, als diese gleiche Braunkohle nicht unmittelbar als Brennstoff für die Verhüttung verwendet werden kann. Gelingt es, die Verhüttung mit dieser Kohle selbst durchzuführen, so ist dies weit vorteilhafter als der Umweg über die elektrische Energie, da zu deren Erzeugung mehr als dreimal soviel Kohle gebraucht wird wie unmittelbar zur Verhüttung. 1 t Roheisen erfordert etwa 2500 kWh, zu deren Erzeugung etwa $2500 \cdot 0,6 = 1500$ kg Steinkohle gebraucht werden, während die Heizkohlenmenge des Hochofens höchstens ein Drittel dieser Menge betrage. Wird an Stelle von Steinkohle Braunkohle als Bezugsstoff gewählt, so ergibt sich das gleiche Verhältnis.

Die elektrische Verhüttung hat in den letzten Jahren eine beträchtliche Ausdehnung erfahren; sie ist an Gebiete billiger elektrischer Energie gebunden. Sie wird sich in dem Maße weiter entwickeln können, wie die elektrische Energie gegenüber Kohle billiger wird.

Beim Elektro-Verhüttungsofen und beim Blashochofen geht etwa die Hälfte des Heizwertes des Brennstoffes in das Gichtgas. Da der Heizwert des Gichtgases aus dem

Elektroofen etwa dreimal so groß ist wie der des Gichtgases aus dem Blashochofen, ist der Elektroofen dem Blashochofen auch in dieser Hinsicht überlegen. Dieser Vorteil ist darauf zurückzuführen, daß beim Elektroofen der Ballaststickstoff fehlt. Das Verhältnis von Kohlensäure zu Kohlenoxyd ist bei beiden Oefen ungefähr gleich, woraus aber nicht geschlossen werden darf, daß die indirekte Reduktion bei beiden Verfahren den gleichen Umfang habe; bei der elektrischen Verhüttung erfolgt die Reduktion zum größten Teil direkt.

Der Elektro-Niederschachtofen ermöglicht also in bezug auf die drei Hauptrohstoffe gegenüber dem Blashochofen Vorteile. Entsprechend der geringeren Beschickungshöhe können physikalisch minderwertige Erze und Brennstoffe verwendet werden; der Wind fällt fort und damit der Ballaststickstoff. Da aber diese Vorteile mit der Verwendung elektrischer Energie erkauft werden müssen und diese in den meisten Eisengewinnungsgebieten gegenüber dem Brennstoff zu teuer ist, können sie heute nur an wenigen Stellen der Erde verwirklicht werden.

Auf einem anderen Wege dürfte dies aber in weiterem Umfange möglich sein durch Ausschaltung des Ballastes Stickstoff und Beibehaltung des wirksamen Bestandteiles des Windes, des Sauerstoffs. Die Leistung eines Hochofens ist unter sonst gleichen Bedingungen abhängig von der in der Zeiteinheit vor den Formen verbrannten Brennstoffmenge und damit von der in der Zeiteinheit in den Ofen eingeblasenen Sauerstoffmenge. Aus einem Raumteil Sauerstoff ergeben sich auf dem Umwege über Kohlendioxyd zwei Raumteile Kohlenoxyd, die im Ofen aufsteigen. Mit diesem Kohlenoxyd strömt der Windstickstoff durch den Ofen, wobei der Stickstoff praktisch unverändert bleibt, während ein Teil des Kohlenoxyds durch Erzsauerstoff zu Kohlensäure oxydiert wird. Dieses Gasgemisch befördert Wärme aus den Verbrennungszonen in die oberen Teile des Ofens, wodurch die Beschickung auf die für die Durchführung der verschiedenen Aufgaben, besonders der indirekten Reduktion, notwendigen Temperaturen erhitzt wird.

In dem Maße nun, wie dem Winde Stickstoff weggenommen wird, also der Wind an Sauerstoff angereichert wird, geht mit der spezifischen Gasmenge auch die Wärmeübertragung zurück; die Temperatur sinkt nach oben schneller ab als beim gewöhnlichen Windbetriebe. Bei Oefen mit heißer Gicht geht die Gichtgastemperatur entsprechend der Anreicherung zurück, das Gichtgas führt also weniger fühlbare Wärme mit sich. Der auf diese Weise verminderte Wärmeverlust zeigt sich in einer Senkung des Brennstoffverbrauches. Ist die Gichtgastemperatur bis auf den praktischen Mindestwert von etwa 100° gesunken, so wird eine weitere Anreicherung des Windes an Sauerstoff ohne weiteres keine Brennstoffersparnis mehr bringen können, und danach hat nach der bisher vorherrschenden Anschauung die Anreicherung ihre wirtschaftliche Grenze erreicht. Zwar wurde schon darauf hingewiesen, daß durch weitere Anreicherung diese Mindesttemperatur in tiefere Ofenzonen verlegt werde und daß bei Neubauten durch Niedrigerhalten des Ofens diesem Umstande Rechnung getragen werden könne. Die Weiterverfolgung dieses Gedankens bis zur vollständigen Entfernung des Stickstoffes, also bis zur Verwendung von reinem Sauerstoff, führt zu immer kleinerem Ofen, da es keinen wirtschaftlichen Sinn hat, den Ofen über eine Höhe zu bauen, bei der das Gichtgas nur noch eine Temperatur von etwa 100° hat. Mit der Anreicherung des Windes an Sauerstoff geht entsprechend der in den oberen Ofenzonen abfallenden Temperatur eine Verschiebung der Reduktion von der indirekten zur direkten vor sich, wie dies vom

Elektrohochofen her bekannt ist. Schließlich erfolgt die Reduktion praktisch nur noch direkt. Der Wärmebedarf des Ofens steigt und damit der Brennstoffsatz.

Das Ergebnis dieser Ueberlegung ist für reinen Sauerstoff ein Niederschachtofen mit sehr hohem Brennstoffsatz, dessen ungefähre Höhe sich aus folgender Betrachtung ergibt. Beim üblichen Windbetrieb kann die durch die Verbrennung des Kokes teilweise zu Kohlenoxyd und teilweise zu Kohlendioxyd frei werdende Wärme zu etwa 4000 kcal/kg angenommen werden. Erfolgt bei reinem Sauerstoff die Reduktion praktisch nur noch direkt, so verbrennt der Koks also nur zu Kohlenoxyd, wobei eine Wärmemenge von etwa 2000 kcal/kg gewonnen wird. Zur Erzeugung der gleichen Wärmemenge wie beim Windbetrieb wird also rund die doppelte Koks menge gebraucht, wobei noch nicht berücksichtigt ist, daß bei Windbetrieb die Luft vorgewärmt wird. Anstatt etwa 750 kg je t Roheisen betrüge der Koksatz mindestens 1500 kg/t. Der Kohlungskohlenstoff im Betrage von etwa 50 kg Koks je t Roheisen ist hierbei nicht berücksichtigt. Dieser Koksatz wäre im allgemeinen wohl bei der Erzeugung von Eisen unwirtschaftlich, könnte aber in Sonderfällen, vor allem für die Gewinnung von teureren Stoffen, die bisher nur im Elektroofen hergestellt werden können, z. B. Ferrolegierungen, doch noch vorteilhaft sein. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit für diese Arbeitsweise läge an sich in solchen Gebieten vor, die zwar über Eisenerze und Kohle, aber nicht über „Hochofenkohle“ verfügen. Ein höherer Brennstoffsatz könnte dort sogar von Vorteil sein; die großen und reichen Gasmengen könnten die Grundlage für eine umfangreiche Energieerzeugung bilden.

Der sehr hohe Brennstoffverbrauch brauchte also an sich nicht unbedingt ein Nachteil zu sein, wenn nicht mit ihm auch ein sehr hoher Sauerstoffbedarf verbunden wäre. Der Sauerstoff kostet heute unter günstigen Verhältnissen etwa $1 \mathcal{R}/\text{m}^3$; bei einem Koksverbrauch von 1500 kg je t Roheisen wäre der Sauerstoffbedarf, wenn der Kohlenstoff nur zu Kohlenoxyd verbrennt, etwa $1200 \text{ m}^3/\text{t}$ entsprechend $12 \mathcal{R}/\text{t}$, was kein Hindernis zu sein braucht, aber jedenfalls eine starke Belastung der Selbstkosten bedeutet.

Im Herbst 1939 beobachteten R. Durrer und H. Hellbrügge bei Versuchen mit einem kleinen Schachtofen, die im Institut für Eisenhüttenkunde der Technischen Hochschule Berlin durchgeführt wurden, daß bei der Verbrennung von Koks mit reinem Sauerstoff das Verbrennungsgas zu einem beträchtlichen Teil aus Kohlensäure bestand. Daraus geht hervor, daß bei Verwendung von reinem Sauerstoff es zum mindesten teilweise gelingt, das bei der Verbrennung primär entstehende Kohlendioxyd an der beim üblichen Windbetrieb nachfolgenden Reduktion zu Kohlenoxyd zu hindern. Die Erklärung ist darin zu suchen, daß die bei Verbrennung von Kohlenstoff mit Sauerstoff entstehenden Gasmengen zu gering sind, um die angrenzenden Zonen auf solche Temperaturen zu erhitzen, die praktisch zur Reduktion der primär gebildeten Kohlensäure zu Kohlenoxyd notwendig sind. Bei der Verhüttung kommt noch hinzu, daß die direkte Reduktion stark wärmeverbrauchend ist und dementsprechend große Wärmemengen aus der Verbrennungszone abzieht.

Um zu einem zahlenmäßigen Ueberblick zu kommen, sei angenommen, daß der Heizkoks vor den Formen ausschließlich zu Kohlensäure, der Reduktionskoks ausschließlich zu Kohlenoxyd verbrenne. Auf dieser Grundlage ergibt sich bei einem Wärmebedarf von etwa $3,0 \cdot 10^6$ bis $3,5 \cdot 10^6$ kcal je t Roheisen folgender Koksbedarf je t Roheisen: Als Kohlungskoks sind bei 3,5 % C etwa 50 kg erforderlich. Für

die Reduktion sei angenommen, daß das Erz aus Roteisenstein ($1430 \text{ kg Fe}_2\text{O}_3$, je t Fe) und Magnetit ($1380 \text{ kg Fe}_3\text{O}_4$, je t Fe) besteht, daß also je t Roheisen rd. 400 kg O_2 zu entfernen sind. Bei der direkten Reduktion werden hierzu 300 kg C entsprechend etwa 350 kg Koks benötigt. Diese 350 kg Koks erzeugen bei der Verbrennung zu Kohlenoxyd etwa $0,7 \cdot 10^6$ kcal. Um auf die erforderliche Wärmemenge von etwa $3,0 \cdot 10^6$ bis $3,5 \cdot 10^6$ kcal je t Roheisen zu kommen, sind 350 kg Heizkoks erforderlich, die entsprechend der Annahme zu Kohlendioxyd verbrennen sollen und dabei etwa $2,5 \cdot 10^6$ kcal liefern. Es ergibt sich also folgendes Bild:

Kohlungskoks	. 50 kg	
Reduktionskoks	350 kg	entsprechend $0,7 \cdot 10^6$ kcal
Heizkoks	. . . 350 kg	entsprechend $2,5 \cdot 10^6$ kcal
		<hr/>
		750 kg entsprechend $3,2 \cdot 10^6$ kcal.

Unter der gemachten Voraussetzung wäre der Koksatz 750 kg/t , also etwa gleich hoch wie unter sehr günstigen Bedingungen beim Windbetrieb, bei dem außerdem noch mit vorgewärmter Luft gearbeitet wird.

Es erscheint nicht unmöglich, durch entsprechende Anordnung auch das aus der direkten Reduktion stammende Kohlenoxyd zu Kohlendioxyd zu verbrennen. Im günstigsten Falle würde dann der Koks (Reduktions- und Heizkoks) ausschließlich zu Kohlensäure verbrennen. Es wären dann, um die gleiche Wärmemenge zu erzeugen, $450 \text{ kg Reduktions- und Heizkoks}$ erforderlich, so daß der gesamte Koksverbrauch, einschließlich des Kohlungskokes, etwa 500 kg/t betrüge.

Die zu Kohlensäure verbrennenden 450 kg Koks setzen sich aus $350 \text{ kg Reduktionskoks}$ und 100 kg Heizkoks zusammen. Der Reduktionskoks wird durch Erzsauerstoff zu Kohlenoxyd und dann weiter durch zugeführten Sauerstoff zu Kohlensäure verbrannt. Der Heizkoks wird ausschließlich durch zugeführten Sauerstoff zu Kohlensäure oxydiert. Außer dem Erzsauerstoff sind insgesamt etwa $450 \text{ m}^3 \text{ O}_2$ erforderlich.

Der niedrigste Wert für den Sauerstoffbedarf ist also rd. $500 \text{ m}^3 \text{ O}_2$ je t Roheisen; er entspricht einem Energieverbrauch von etwa 200 kWh und einem Preis von 5 bis $8 \mathcal{R}/\text{m}^3$, je nachdem mit einem Strompreis von 1 oder $2 \mathcal{R}/\text{kWh}$ gerechnet wird.

Dieser Preis ist gering im Vergleich mit den möglichen Einsparungen durch billigeres Erz und billigeren Brennstoff und den sonstigen wirtschaftlichen Vorteilen, die sich aus einem solchen Betrieb ergäben. Die Frage ist, wie weit dieser metallurgische Grenzfall zu verwirklichen ist. Ganz wird es wohl nicht möglich sein; aber schon eine gute Annäherung an diesen theoretischen Grenzwert brächte eine Umgestaltung der heutigen Verhüttung.

Im günstigsten Falle ergäbe sich ein Niederschachtofen mit einem Gasanfall von höchstens etwa 1000 m^3 je t Roheisen. Dieses Gas bestände im wesentlichen aus Kohlensäure, hätte also praktisch keinen Heizwert mehr. Der größte Teil der fühlbaren Wärme würde bei einer Beschickungshöhe von wenigen Metern vom Möller aufgenommen, so daß das Gas wertlos wäre und ohne Gichtverschluß ins Freie entweichen könnte.

Bei dieser geringen Gasmenge je Tonne Roheisen und der geringen Ofenhöhe könnte ein verhältnismäßig kleinstückiger und wenig fester Möller verwendet werden. Erze, deren Verhüttung bisher im Hochofen auf Schwierigkeiten stieß, könnten verarbeitet werden, da die Forderung hoher Arbeitstemperaturen bei diesem Verfahren kein wesentliches Hindernis mehr darstellt. Das gilt besonders auch für die sauren Erze, die natürlich einen höheren Koksatz forderten.

Das Mehr gegenüber dem Koksatz bei üblichem Moller wäre aber kleiner als das Mehr beim Windbetrieb, so daß im Gegensatz zur bisherigen Auffassung mit sinkendem Eisenausbrennen die Brennstoffersparnis stiege.

Bei nur teilweiser Annäherung an die gekennzeichnete Grenze ergäbe sich ein noch mehr oder weniger Kohlenoxyd enthaltendes Gichtgas, das in üblicher Weise abgeführt und verbraucht werden müßte. Das Verfahren hätte aber auch bei einer nur teilweisen Verwirklichung des Grundgedankens immer noch so viele Vorteile, daß eine grundlegende Umgestaltung in der Verhüttung einträte.

Die Verhüttung von Erzen mit schwer reduzierbaren Oxyden wäre grundsätzlich nicht mehr schwierig. Das anfallende Roheisen hätte aber entsprechende Gehalte an den betreffenden Elementen, so daß bei seiner Weiterverarbeitung darauf Rücksicht zu nehmen wäre. Durch stufenweises Verblasen derartigen Eisens, wie es bei vanadinhaltigem Eisen schon durchgeführt wird, könnten nicht nur derartige Elemente entfernt, sondern auch in konzentrierter Form gewonnen werden.

In letzter Zeit von R. Durrer und H. Hellbrügge mit reinem Sauerstoff durchgeführte Verhüttungsversuche haben in Übereinstimmung mit Beobachtungen bei der elektrischen Verhüttung von Eisenerzen gezeigt, daß der Schwefel der Beschickung weitgehend als Schwefelsilizium entfernt werden kann. Gelingt es, den Sauerstoff-Niederschachtofen zu verwirklichen, so wird die Entschwefelung auch in solchen Fällen im Ofen selbst durchgeführt werden können, in denen sie heute nach dem Paschke-Peetz-Verfahren außerhalb des Ofens vorgenommen wird.

Es gibt gedanklich verschiedene Möglichkeiten, die Reduktion der primär gebildeten Kohlensäure zu verhindern; durch Versuche muß festgestellt werden, wieweit sie sich verwirklichen lassen. Die Reduktion der Kohlensäure kann grundsätzlich dadurch erschwert oder verhindert werden, daß entweder die Kohlensäure in kohlenarme Zonen oder in verhältnismäßig kalte Zonen geleitet wird. Es erscheint aufschlußreich, folgenden Weg zu prüfen. Der Durchmesser des Ofens ist höchstens gleich dem doppelten Durchmesser der Verbrennungszone, soweit sie noch freien Sauerstoff aufweist. Die aus dieser Zone abziehende Kohlensäure ist also gezwungen, nach oben zu strömen. Einmal sind diese oberen Zonen kälter als die Mittelgebiete des Herdes in der Höhe der Verbrennungszone, und weiterhin sind die aus der

direkten Reduktion entstehenden Gase gezwungen, die freien Sauerstoff enthaltenden Gebiete zu durchströmen und dabei zu Kohlensäure zu verbrennen.

Da bei einem Betrieb mit reinem Sauerstoff die Verbrennungszonen unter sonst gleichen Bedingungen kleiner sind als bei Windbetrieb, wird, wenn sich dieser Gedanke verwirklichen läßt, der lichte Herddurchmesser der Größenordnung nach nur etwa 1 bis 2 m betragen. Bei der Beurteilung dieses geringen Herdausmaßes ist zu berücksichtigen, daß in der Zeiteinheit etwa fünfmal soviel Sauerstoff eingeblasen werden kann wie unter sonst gleichen Verhältnissen beim Windbetrieb. Läßt sich der gekennzeichnete Grenzfall annähernd erreichen, so ist die Leistung eines mit Sauerstoff betriebenen Ofens bei gleichem Herddurchmesser der Größenordnung nach fünfmal so groß wie bei Windbetrieb.

Eine geringe Erhöhung des Sauerstoffgehaltes im Winde bringt, wie vor allem die Versuche der Gutehoffnungshütte in Oberhausen¹⁾ zeigen, schon beträchtliche Vorteile mit sich, ist aber nur ein Schritt auf dem Wege zum Arbeiten mit mehr oder weniger reinem Sauerstoff. Aehnlich erscheint auch die Aufgabe des Verblasens von Roheisen mit sauerstoffreichem Wind. Mit einer gewissen Anreicherung sind schon erhebliche Erfolge erzielt worden, aber auch hier ist hochhaltiger Sauerstoff das Ziel. Mit seiner Erreichung wird es möglich sein, jedes Roheisen zu verblasen.

Die einführende Betrachtung der heutigen Verhüttungsverfahren und ihrer möglichen Aus- und Umgestaltung zeigt, daß wir bereits in einer Wandlung begriffen sind, und daß grundlegende Änderungen zumindest gedanklich möglich sind. Ob sich diese Gedanken in die Wirklichkeit übertragen lassen, muß noch geprüft werden.

Zusammenfassung.

Die Möglichkeit, die Verhüttung im Hochofen durch günstigere Verfahren zu ersetzen, liegt dann vor, wenn es mit diesen gelingt, günstigere Ausgangsstoffe — Erz, Brennstoff, Sauerstoff, elektrische Energie — zu verwenden, ohne diese Vorteile durch — wirtschaftlich gesprochen — ebenso große Nachteile zu erkaufen. Der Hochofen wird mit dem Drehofen und dem elektrischen Verhüttungssofen verglichen. Eine Erörterung der Möglichkeit, mit hochhaltigem Sauerstoff zu blasen, ergibt neue Folgerungen.

¹⁾ Lennings, W.: Stahl u. Eisen 55 (1935) S. 533/44, 565/72 (Hochofenaussch. 145).

An den Vortrag und anschließende eingehende Ausführungen von M. Paschke über die Kohlenvergasung unter Sauerstoffverwendung nach dem Thyssen-Galocsy-Verfahren²⁾ schloß sich folgende Erörterung an.

H. Bansen, Rheinhausen: Herr Durrer hat in außerordentlich klaren Ausführungen die verschiedenen Verfahren einer Kritik unterworfen und gewisse Richtlinien entwickelt. Er hat den einst übertriebenen Erwartungen bezüglich der sogenannten direkten Stahlerzeugungsverfahren die gegebenen Grenzen gesetzt. Auch hat er dem Elektroofen die Stellung zugewiesen, die er in Zukunft behalten wird, weil er sich auf der Grundlage eines meist zu teuren Stromes aufbaut. Somit können wir beruhigt unsere Arbeit im Hochofen weiter fortsetzen und dürfen die Frage der Verwendung des Sauerstoffs nicht mehr so zögernd behandeln. Während die chemische Großindustrie die Entwicklung ihrer Arbeitsverfahren auf der Verwendung von höher verdichteten Gasen aufbaut, ist die Beschaffung eines Niederdruckventilators in der Eisenindustrie manchmal noch eine schwer zu lösende Frage. Wir sind noch etwas rückständig, und beim Sauerstoff ist es so, daß jeder dem anderen den Vortritt läßt.

Bei dem Bericht von W. Lennings¹⁾ fiel auf, daß der Koksverbrauch wesentlich niedriger war, als er sich durch die übliche Rechnung über die indirekte Reduktion erklären ließ. Bei der Sauerstoffanreicherung sinkt an sich der Wärmeertrag je kg Koks

deshalb, weil der Stickstoff eine gewisse Ueberschußwärme gegenüber der Gichtgastemperatur im Hochofen abgibt. Infolgedessen ergibt die Rechnung, daß bei einer Anreicherung auf 25 % Sauerstoff man erst bei einer Senkung der Gichtgastemperatur um etwa 200° wieder denselben Wärmeertrag je kg Koks wie bei gewöhnlichem Wind hat. Auch die Tatsache, daß durch Verringerung der Windmenge je m³ Sauerstoff man in der Lage ist, eine größere Sauerstoffmenge mit derselben Pressung durchzuschicken, also den Koksdurchsatz und damit die Roheisenerzeugung zu erhöhen, genügt nicht, um die Senkung des Koksverbrauchs zu erklären. Man muß schon die Erscheinung mit zu Rate ziehen, die Herr Durrer auf Grund seiner Versuche bestätigt hat, daß ein Teil des Kohlenstoffs zu Kohlensäure verbrannt bleibt.

Man pflegt den Kohlensäuregehalt des Gichtgases als eine sekundäre Bildung durch die Verbrennung eines Teiles des Kohlenoxyds durch den Sauerstoff des Erzes zu erklären. Man darf jedoch wie bei der Deutung von Rauchgasanalysen den Kohlensäuregehalt des Gichtgases nur als Folge der vollständigen Verbrennung eines Teiles des Kohlenstoffes deuten. Wir wissen, daß auch durch den Kohlenoxydzerfall eine Verbrennung zu Kohlensäure nachträglich erfolgt, indem die Hälfte des Kohlenstoffes in den Kreislauf geht. Der dadurch erhöhte Wärmeertrag nützt dem Hochofen nichts, weil die Wärme nur im oberen Schacht frei wird.

Der dritte Fall ist schließlich der, daß eben ein Teil des Formengases Kohlensäure bleibt. Herr Brassert steht auf dem

²⁾ Stahl u. Eisen demnächst.

Standpunkt, daß bei geeigneter Möllervorbereitung es auch ohne Sauerstoff möglich sein müßte, diesen Vorgang zu erreichen. In Bild 1 ist die Verbrennung des Kohlenstoffs aufgetragen, in den Grenzen von 100 % Kohlenoxyd mit kleinstem Wärmeertrag bis zur reinen Kohlsäure mit dem vollen Wärmeertrag. Im Bereich von CO_2 : CO von etwa 15 : 85 bis 40 : 60 liegt der Hochofen. Bei etwa 40 % CO_2 + CO im Gichtgas liegt der ungünstigste Fall bei etwa 6 % CO_2 . Ein günstiger Fall wäre der mit 16 % CO_2 .

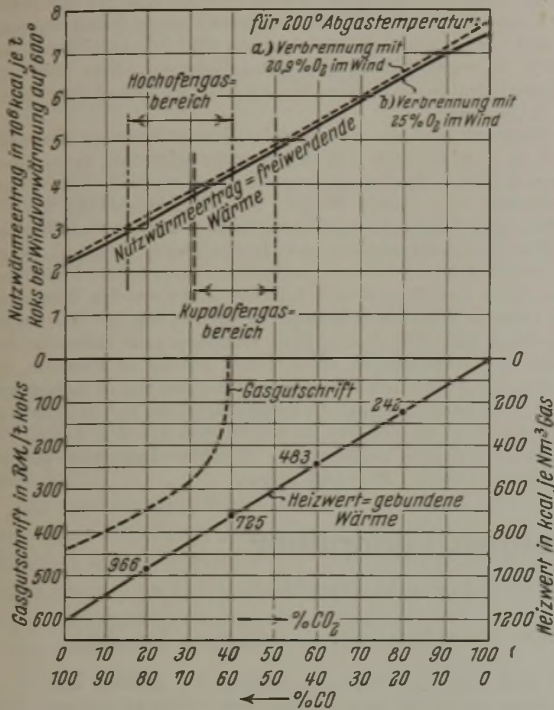


Bild 1. Nutzwärmeertrag je t Koks in Abhängigkeit vom CO - CO_2 -Gehalt des Abgases (bei 600° Windtemperatur, 200° Abgastemperatur, Verbrennung mit 20,9 und mit 25 % Sauerstoff im Winde).

Das zum Vergleich eingetragene Verbrennungsverhältnis des Kupolofens zeigt einen höheren Kohlsäureanteil bis zu 50 %. Es handelt sich hierbei um einen Schachtofen mit einem so kleinen Verhältnis von Heizkoks zum Einsatz, daß durch die rasche Abkühlung keine restlose Umsetzung zwischen Kohlsäure und Kohlenstoff stattfinden kann. Das ist der gleiche Vorgang wie bei den Versuchen, über die uns Herr Durrer berichtet hat.

Je stärker das Verbrennungsverhältnis in der Richtung Kohlsäure geht, um so geringer wird der Gasheizwert. Für den Hochofen stellt der unterste Heizwert, bei dem das Gas keinen Gebrauchswert mehr hat, die unterste wirtschaftliche Grenze dar. Bei Sauerstoffanreicherung steigt der Heizwert des Gases und damit die Grenze für die Verbrennung zu Kohlsäure.

An sich bringt schon die Pressung des Windes auf den normalen Druck von 1 at Verdichtungskosten von etwa 0,3 Pf./ m^3 ; Sauerstoffanreicherung heißt letzten Endes, mehr Verdichtungsarbeit aufwenden. Die angeschlossene Linde-Fränk-Anlage ist eine rein statische Aufbereitungsanlage mit kleinen Betriebskosten und großen Anlagekosten. Es kommt also auf die wirtschaftliche Grenze zwischen Brennstoff- und Anlagekosten an. Die Rechnung zeigt, daß mit steigender Anreicherung die Gesamtkosten für die Nutzwärme steigen. Deshalb muß man mit der Verwendung von zu starker Anreicherung vorsichtig sein. Bis zu einer Anreicherung auf 25 % wird man aber beim normalen Hochofen mit Vorteil arbeiten.

Sehr reizvoll ist es selbstverständlich, den Hochofen in der Richtung zum Niederschachtofen zu entwickeln, wie es Herr Durrer angedeutet hat. Er hat als die Kernfrage des Hochschachtofens den Zwang zur Stückigkeit für Brennstoff und Erz herausgestellt. Die Erfahrung im Elektroofen lehrt, daß man selbstverständlich einen weit größeren Spielraum in der Stückigkeit hat, wenn man mit einem Niederschachtofen arbeiten kann. Von der Seite der Stückigkeit muß man auch das Rennverfahren ansehen. Man spricht ja geradezu von einem Mangel an Hochofenkoks und stößt immer auf die Frage: Wie macht man aus gewissen Kohlenarten einen guten Hochofenkoks? Bei richtiger Einschaltung solcher Verfahren, bei denen man Feinerze mit Fein-

brennstoffen reduzieren kann, würde die Eisenerzeugung eine größere Beweglichkeit erhalten. Energiewirtschaftlich spitzt sich doch die ganze Frage der Verhüttung der deutschen Erze auf eine solche Möllervorbereitung und Führung des Hochofens zu, daß der Koksverbrauch in die Größenordnung von 1000 kg/t Roheisen kommt. Andere Anreicherungsverfahren, so nützlich sie auch für einzelne Erze sein mögen, führen doch nicht zu einer solchen Verringerung des Kieselsäuregehaltes, daß man in die Größenordnung von 1000 kg/t Roheisen kommen kann. Erhalten wir aber einen Teil des Möllers in Form von metallischem Eisen, so kann man leicht auf diese Verringerung des Koksverbrauches im Gesamtmöller kommen.

Zusammenfassend muß ich sagen: Herr Durrer hat außerordentlich geschickt die Aufgaben umrissen, es ist nun unsere Aufgabe, die richtige Anwendung davon zu machen.

P. Reichardt, Düsseldorf: Im Dampfkessel erfolgt die Wasserverdampfung in einem geschlossenen Gefäß, vollständig getrennt von der Feuerung. Die Feuerung gibt ihre Wärme nur durch die Wände an Wasser und Dampf ab, ohne daß die Feuerungsgase unmittelbar damit in Berührung treten. Ähnlich ist es auch bei verschiedenen metallurgischen Verfahren, die in einer geschlossenen Muffel oder Retorte durchgeführt werden, die nur von außen von den Feuerungsgasen umspült ist, wo diese aber nicht selbst an den Umsetzungen teilnehmen.

Ganz anders ist es im Hochofen. Der Hochofen hat nur einen einzigen Raum. Hier erfolgt die Verbrennung des Heizkokes in demselben Raume unmittelbar neben der Reduktion der Erze. Die Gase von der Koksverbrennung stehen in unmittelbarer Berührung mit dem reduzierten Eisen, und beide beeinflussen sich gegenseitig chemisch. Diese Einheit von Feuerungs- und Reduktionsraum im Hochofen hat den einen großen Vorteil, daß der Wärmeübergang praktisch vollständig ist. Er wird durch keine Zwischenwand und auch durch keinen größeren Abstand erschwert. Die Wärme geht unmittelbar von dem verbrennenden, wärmespandenden Molekül auf das wärmeaufnehmende Nachbarmolekül über. Diese Einheit des Raumes bringt aber natürlich auch Nachteile und Schwierigkeiten mit sich. Eine Folge ist die mitunter sehr lästige Einwirkung des Koks Schwefels auf das Eisen. Dieses Fehlen einer Trennung von Feuerungs- und Reduktionsraum ist ferner der Grund, daß wir im Hochofen nur Roheisen erzeugen können, aber keinen kohlenstoffarmen Stahl. Die unmittelbare Berührung zwischen Heizkoks und Eisen macht das unmöglich. Diese Einheit des Raumes ist aber auch der Grund, und zwar der einzige Grund, weshalb wir im Hochofen den Koks nur zu Kohlenoxyd verbrennen können und weshalb die Gichtgase eine sehr große Menge Kohlenoxyd enthalten.

Die Herren Durrer und Bansen haben darauf hingewiesen, welche großen Vorteile es bieten würde, wenn man den Vorgang so führen könnte, daß der Koks möglichst vollständig zu Kohlsäure verbrannt würde. Ich glaube aber, die unbedingte Voraussetzung dafür wäre es, daß man eine Trennung des Verbrennungsraumes, also der Feuerung, vom Reduktionsraum durchführt. Man braucht sich das nicht ohne weiteres so zu denken, daß man unbedingt eine feste Zwischenwand errichten müßte. Beim Krupp-Rennverfahren ist es z. B. so, daß die Reduktion in dem Erz-Kohle-Gemisch am Boden des Ofens stattfindet in einer reinen Kohlenoxydatmosphäre, während oben die oxydierenden Heizgase darüber hinstreichen. Sie geben wohl ihre Wärme an den Reduktionsvorgang ab, aber sie beeinflussen ihn nicht chemisch. Die Trennung beider Gasphasen wird bewirkt durch eine Schicht von Kohlenoxydflammen, die auf der Oberfläche des Erz-Kohle-Gemisches schweben. In welcher Weise man diese Trennung der Feuerung vom Reduktionsraume aber auch durchführen mag, meines Erachtens gibt man damit eine der wesentlichsten und kennzeichnendsten Eigenschaften des Hochofens auf. Das Verfahren, das man alsdann durchführt, wird nicht mehr ein verbesserter Hochofenvorgang, sondern ein grundsätzlich ganz neuer sein. Deshalb kann ich mir nicht denken, daß es gelingen wird, ihn im Hochofen oder in einem etwas veränderten Hochofen durchzuführen. Ich glaube, man wird leichter zum Ziele kommen, wenn man sich dabei von der überlieferten Form des Hochofens von vornherein freimacht und auch in konstruktiver Hinsicht für einen solchen Vorgang nach neuen Wegen sucht.

R. Durrer, Berlin: Herr Bansen hat Stellung genommen zu der Koksersparnis bei den Versuchen in Oberhausen, die sich rechnerisch allein nicht begründen ließe. Ich stimme seinen Ausführungen voll und ganz zu, möchte nur noch hinzufügen, daß sicher in gewissem Umfange eine Koksersparnis auch dadurch eingetreten ist, daß in dem Maße, wie im Ofengas der Stickstoffgehalt zurückgeht, unter sonst gleichen Arbeitsverhältnissen der Anteil der indirekten Reduktion an der Gesamtproduktion steigt. Ich weiß nicht, ob in Oberhausen seinerzeit bei diesen Versuchen

genaue Gichtgasanalysen gemacht worden sind. Wäre das der Fall, könnte man das, was Herr Bansen und ich ausführten, an Hand der Gichtgasanalysen nachprüfen.

Zu den Darlegungen von Herrn Reichardt möchte ich nur noch kurz sagen, daß es selbstverständlich ist, daß, wenn man überhaupt auf diesem Wege arbeiten will, man sich von den bisherigen Ofenprofilen lösen muß.

A. Wilhelmi, Oberhausen: Herr Durrer hatte die Frage gestellt, wie weit der Umfang der indirekten Reduktion bei Anwendung von sauerstoffangereichertem Gebläsewind gesteigert wird. Bei unsern Versuchen nahm die indirekte Reduktion nicht in dem Maße zu, wie wir es anfänglich erwartet hatten. Ein Versuch mit Wasseraufzinger Erz, bei dem gebrannter Kalk als Zuschlag verwendet wurde, ergab bei Betrieb mit Normalluft eine indirekte Reduktion von 59,7 %, der Betrieb mit sauerstoffangereichertem Gebläsewind von 61 %, also keine Steigerung. Der Versuch mit Gutmadinger Erz, das einmal zu zwei Drittel als Röster und zu einem Drittel als Drehofensinter und das andere Mal zu 100 % als Drehofensinter verhüttet wurde, zeigte folgende Werte für die indirekte Reduktion: 50 % bei Anreicherung des Gebläsewindes auf 26 % O₂ gegen 42,8 % bei Normalluftbetrieb, im anderen Falle 45 % indirekte Reduktion bei Anreicherung des Gebläsewindes auf 26,9 % O₂ gegen 37 % bei Normalluftbetrieb. Man muß sich vor Augen halten, daß der Umfang der indirekten Reduktion in erster Linie abhängig ist von der Berührungsmöglichkeit zwischen Möller und Gas, d. h. von der physikalischen Beschaffenheit des Möllers, die durch sauerstoffangereichertem Gebläsewind naturgemäß nicht beeinflusst wird.

Was die Koksersparnis anbelangt, so ist diese bekanntlich abhängig von der Höhe der Gichttemperatur; je höher diese ist,

um so größer ist die Koksersparnis und umgekehrt. So betrug bei einem Versuch mit Gutmadinger Roherz und Normalluft die Gichttemperatur 106°, bei Anreicherung des Gebläsewindes auf 25,1 % O₂ 110°; die Koksersparnis belief sich auf 1 kg je t Roheisen, war also gleich Null. Dagegen konnten bei dem bereits erwähnten Versuch mit einem Möller aus zwei Drittel Gutmadinger Stückrost und einem Drittel Drehofensinter, hergestellt aus feinem Röstererz, gemäß einer Gichttemperatur von 255° bei Normalluftbetrieb gegen 109° bei Anreicherung des Gebläsewindes auf 26 % O₂ 226 kg Koks je t Roheisen erspart werden und bei dem Möller mit Gutmadinger Drehofensinter gemäß einer Gichttemperatur von 321° bei Normalluftbetrieb gegen 169° bei Anreicherung auf 26,9 % O₂ sogar 282 kg Koks je t Roheisen. Eine Leistungssteigerung trat in allen Fällen ein, auch da, wo keine Koksersparnis zu erzielen war.

Reichert man den Gebläsewind immer mehr an Sauerstoff an, d. h. entzieht man ihm immer mehr Stickstoff, so verringert sich in gleichem Maße die erzeugte Gasmenge, die die Beschickung vorwärmen soll, immer weiter, so daß zwangsläufig die Beschickungshöhe immer niedriger gehalten werden muß, bis man zu dem Niederschachtofen des Herrn Durrer gelangt. Dieser sauerstoffbetriebe Niederschachtofen könnte bei der Verhüttung armer Erze von Vorteil sein, falls der Koks vor den Blasformen zum größten Teil zu Kohlensäure verbrennt, wie das Herr Durrer ausgeführt hat. Die armen Erze verlangen zum Schmelzen der großen Schlackenmengen einen hohen Betrag an Heizkoks, der bei dem mit Normalluft betriebenen Hochofen nur zu Kohlenoxyd verbrennen kann. Gelingt es, diesen Heizkoks mit Sauerstoff zu Kohlensäure zu verbrennen, so müßte man mit dem dritten Teil der Heizkoks menge auskommen. Hierüber kann aber nur der praktische Versuch Auskunft geben.

Die Grundlagen der bildsamen Verformung.

Von Friedrich Körber und Anton Eichinger in Düsseldorf.

[Bericht Nr. 160 des Walzwerksausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute. — Schluß von Seite 862.]

(III. Einige Fälle der technischen Formgebung: Kraftbedarf beim Kaltziehen mit Berücksichtigung der äußeren und inneren Verluste. Kraftbedarf beim Warmpressen im Gesenk zwischen parallelen Druckplatten unter Berücksichtigung der Gleit- und Haftreibung. Steigen ins Gesenk an den äußeren Rändern und in der Mitte.)

III. Einige Fälle der technischen Formgebung³²⁾.

Einleitung.

Die technischen Formgebungsverfahren sollen — abgesehen von der etwa erwünschten Durcharbeitung — so beschaffen sein, daß die gewünschte Endform auf dem einfachsten Weg — d. h. unter möglichster Vermeidung aller äußeren (Reibung) wie inneren Verluste (zusätzliche Schiebung) — erreicht wird. Während ein Fehlen innerer Verluste auf die Freiheit von äußeren Reibungskräften schließen läßt, kann es im Fall fehlender Reibung dennoch innere Verluste geben. Tritt nämlich Reibung auf, so muß wenigstens in den Randschichten zusätzliche Schiebung vorhanden sein, abgesehen vom Ausnahmefall nacheinander erfolgter und entgegengesetzt gerichteter Reibung von solcher Art, daß sich die einzelnen Wirkungen makroskopisch gerade aufheben. In den Fällen zusätzlicher Schiebung erfahren aber — wie früher ausgeführt — die Hauptachsen der Spannung und der Formänderung eine gegenseitige Drehung, was bei der Kaltverformung eine mögliche Quelle von Abweichungen zwischen Rechnung und Versuch sein kann. Auf der anderen Seite ist eine solche Abweichung bei der Warmformgebung infolge der nicht genau zutreffenden Annahme, der erhitzte Stahl verhalte sich wie eine zähe Flüssigkeit, zu erwarten. Treffender wäre der Ansatz, der Werkstoff besitze selbst bei verschwindend geringer Formänderungsgeschwindigkeit einen Formänderungswiderstand c , somit

$$\sigma_g = c + 3 \eta \cdot \left(\frac{\partial \delta_g}{\partial t} \right)^n$$

worin c und η Temperaturkonstanten des Werkstoffes wären³³⁾. Für hohe Temperaturen und größere Formänderungsgeschwindigkeiten wird jedoch c vorläufig vernachlässigt und $n = 1$ angenommen.

Bei der technischen Formgebung ist es gebräuchlich, mit der sogenannten Formänderungsfestigkeit k_f und dem Formänderungswiderstand k_w zu rechnen. Die erste bezieht sich auf den Idealfall der homogenen Stauchung oder Reckung ohne jede Beanspruchung bzw. Behinderung in der Querrichtung, wogegen der letzte alle zusätzlichen Widerstände und Verluste einschließen soll.

Bei der Berechnung der Reibungskräfte dürfte die Annahme, daß die Schubspannung in der Reibungsfläche τ dem Normaldruck q verhältnismäßig ist: $\tau = \mu \cdot q$, im Falle des Gleitens genügend genau erfüllt sein; daneben muß noch untersucht werden, ob dabei überhaupt ein Gleiten eintreten kann, oder ob schon geringere Reibungskräfte genügen, um ein Gleiten zu unterbinden. Im letzten Falle hat man es mit der Haftreibung³⁴⁾ zu tun, wobei die Größe der Reibungskräfte einzig aus den Formänderungsbedingungen (Randbedingungen) abgeleitet werden kann. Dies ist der Grund dafür, daß es eine scharf ausgeprägte Fließscheide nicht gibt, daß sich vielmehr auf beiden Seiten des Haftgebietes Gleitgebiete anschließen, wodurch auch der Druck-

³²⁾ Siehe die ausführlichere Darstellung von Körber, F., und A. Eichinger: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 22 (1940) S. 57/80. Eichinger, A., und A. Pomp: Arch. Eisenhüttenw. 14 (1940) S. 1/6 (Walzw.-Aussch. 156). Eichinger, A., und W. Lueg: Arch. Eisenhüttenw. 14 (1940/41) S. 47/52 (Walzw.-Aussch. 157).

³³⁾ Siebel, E., und A. Pomp: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 40 (1928) S. 63/69; vgl. Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 628. Eichinger, A.: Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 397/402 (Werkstoffaussch. 493).

³⁴⁾ Fromm, H.: Z. angew. Math. Mech. 7 (1927) S. 27/58.

verlauf (q) an der Fließscheide nicht in einer Spitze zusammenläuft, sondern über dem Haftgebiet eine flache Kuppe bildet²⁵⁾. Beachtet man diesen Abbau der sonst unter Umständen sehr hoch errechneten Drücke (q) an der Fließscheide nicht²⁶⁾, so gelangt man zu bedeutend höheren mittleren Formänderungswiderständen (k_w) als unter Beachtung des Haftgebietes, welch letztere — unter den angegebenen Annahmen — sich mit dem beobachteten Kraftbedarf²⁷⁾ gut decken.

1. Kraftbedarf beim Kaltziehen.

Scheibenproblem. Breiungsloses Ziehen von Bandstahl. Sämtliche Verluste berücksichtigt.

In ganz ähnlicher Weise, wie die Reibung im Fall der rotationssymmetrischen Formänderung berücksichtigt wurde²⁸⁾, kann dies beim breiungslosen Ziehen von Bandstahl geschehen. Die Ziehspannung p ergibt sich hierbei zu:

$$p = \frac{2 k_f}{\sqrt{3}} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{\mu}\right) \cdot \left[1 - \left(\frac{F}{F_0}\right)^{\frac{\mu}{\alpha}}\right], \quad (24)$$

womit die Zieharbeit: $A = p \cdot V$ wird. Hierin bedeuten: k_f = Formänderungsfestigkeit, α = Düsenneigungswinkel, μ = Reibungszahl, F_0 = Ausgangsquerschnitt, F = Endquerschnitt.

Mit zunehmendem Neigungswinkel α der Ziehdüse würde nach dieser Gleichung die Ziehkraft und damit auch die Zieharbeit immer geringer bzw. der Wirkungsgrad immer größer, was mit der Erfahrung nicht im Einklang ist. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die zusätzlichen inneren Schiebungen noch nicht berücksichtigt worden sind²⁹⁾.

Zu der zuletzt gewonnenen Formänderungsarbeit muß noch jene hinzugezählt werden, die notwendig ist, um die Fasern aus ihrer ursprünglich axialen Richtung in die dem jeweiligen Neigungswinkel φ entsprechende Richtung auf der Eintrittsseite und in umgekehrtem Sinne auf der Austrittsseite umzulenken (Bild 31).

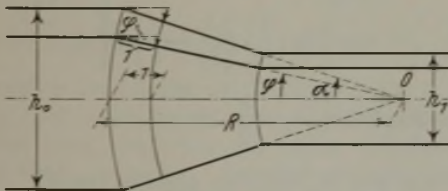


Bild 31. Zusätzliche innere Schiebung zur Umlenkung der Fasern auf der Eintrittsseite und am Austritt aus der Ziehdüse.

Diesen Vorgang kann man sich als durch Scherung vor dem Eintritt in die Düse bzw. nach dem Austritt aus der Düse zustande gekommen denken, so daß man diese zwei Arbeiten zu jener in der Düse einfach hinzuzählen kann. Die zusätzliche innere Arbeit in der Volumeneinheit beträgt gemäß Gleichung (11):

$$A_i = \sigma_g \cdot \delta_g$$

²⁵⁾ Siebel, E., und W. Lueg: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 15 (1933) S. 1/14; Stahl u. Eisen 53 (1933) S. 346/52 (Walzw.-Aussch. 98).

²⁶⁾ Kármán, Th. v.: Z. angew. Math. Mech. 5 (1925) S. 139/41. Nadai, A.: J. applied Mech. 6 (1939) S. A-54/A-62.

²⁷⁾ Siebel, E.: Stahl u. Eisen 43 (1923) S. 1295/98 (Walzw.-Aussch. 28). — Masch.-Bau Betrieb 5 (1922/23) S. 307/12.

²⁸⁾ Sachs, G.: Z. angew. Math. Mech. 7 (1927) S. 235/36.

²⁹⁾ Linicus, W., und G. Sachs: Versuche über die Eigenschaften gezogener Drähte und den Kraftbedarf beim Ziehen, S. 38/67. In: G. Sachs: Spanlose Formung der Metalle. Berlin 1931 (Mitt. dtsh. Mat.-Prüf.-Anst., Sonderh. 16). Pomp, A., und A. Koch: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 13 (1931) S. 261/71; vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 244/45.

Weil aber laut Gleichung (8) die Vergleichsspannung vor dem Eintritt in die Düse $\sigma_g = \tau \cdot \sqrt{3} = k_f$ und laut Gleichung (7) die Vergleichsdehnung

$$\delta_g = \frac{\gamma}{\sqrt{3}} = \frac{\varphi}{\sqrt{3}} \text{ ist, wird}$$

$$A_i = \frac{k_f}{\sqrt{3}} \cdot \varphi.$$

Auf die ganze Banddicke und die Länge 1 bezogen (Volumen $V = 2 \alpha R \cdot 1$), erhält man dann

$$\int_{(V=2\alpha R)} A_i \cdot dV = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot k_f \cdot R \cdot \int_0^\alpha \varphi \cdot d\varphi = \frac{k_f}{\sqrt{3}} \cdot R \cdot \alpha^2$$

bzw. für das gesamte Materialvolumen V

$$\int_{(V)} A_i \cdot dV = \frac{k_f}{2\sqrt{3}} \cdot \alpha \cdot V.$$

Auf der Austrittsseite kommt annähernd gleich viel hinzu, so daß die von der erwähnten Umleitung der Fasern herführende zusätzliche innere Arbeit beträgt

$$\frac{k_f}{\sqrt{3}} \cdot \alpha \cdot V.$$

Für die Formänderungsarbeit unter Berücksichtigung aller Verluste erhält man damit

$$A = \frac{2 k_f}{\sqrt{3}} \left\{ \left(1 + \frac{\alpha}{\mu}\right) \cdot \left[1 - \left(\frac{F}{F_0}\right)^{\frac{\mu}{\alpha}}\right] + \frac{\alpha}{2} \right\} V \quad (25)$$

bzw. die mittlere Ziehspannung: $p = \frac{A}{V}$.

Diese Formel gilt lediglich für p auf der Austrittsseite, nicht aber für die Querschnitte zwischen der Eintritts- und Austrittsseite. Wie aus der Formel hervorgeht, bedingt die zusätzliche innere Schiebung eine Vergrößerung der Ziehkraft, was nur durch entsprechende Zunahme der Querbeanspruchung q und der Reibungskräfte $\mu \cdot q$ in der Düse zustande kommen kann. Bei nicht zu geringer gedrückter Länge wird dies in Form zweier zusätzlicher Druckanstiege am Eintritt und am Austritt der Düse erreicht, woraus sich sofort die höchstbeanspruchte Stelle in der Ziehdüse ergibt.

Nimmt man $\mu = 0,05^{30)}$ an und führt die Rechnung für drei

Querschnittsabnahmen $1 - \frac{F}{F_0} = \frac{\Delta F}{F_0} = 10, 23 \text{ und } 41 \%$

durch, so erhält man folgende Wirkungsgrade

$$\eta = \frac{\text{Formänderungsarbeit ohne Verluste}}{\text{dieselbe mit äußeren und inneren Verlusten}}$$

im Vergleich mit den gemessenen (in Klammern)⁴⁰⁾:

Formänderungswirkungsgrade beim Drahtziehen, berechnet mit $\mu = 0,05$ unter Berücksichtigung aller äußeren sowie inneren Verluste und gemessen (in Klammern).

α°	3	6	12
Querschnittsabnahme 10 %:			
η %	44 (42)	45 (42)	36 (36)
Querschnittsabnahme 23 %:			
η %	53 (53)	59 (60)	55 (58)
Querschnittsabnahme 41 %:			
η %	62 (67)	69 (71)	68 (72)

⁴⁰⁾ Pomp, A., E. Siebel und E. Houdremont: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 11 (1929) S. 53/72. Siebel, E. Siehe Fußnote 4, a. a. O., S. 45, Bild 75.

Durch einen Bremszug Z_0 wird die Düsenbeanspruchung kleiner, dagegen der Haspelzug, d. h. die Ziehkraft und damit auch die Zieharbeit — dies aber nur dann, wenn die Bremsarbeit nicht ausgenutzt werden kann — etwas größer, z. B. im Fall der rotationssymmetrischen Verformung:

$$p = k_f \left\{ \left(1 + \frac{\alpha}{\mu} \right) \cdot \left[1 - \left(\frac{F}{F_0} \right)^{\frac{\mu}{\alpha}} \right] + \frac{4\alpha}{3\sqrt{3}} \right\} + \frac{Z_0}{F_0} \cdot \left(\frac{F}{F_0} \right)^{\frac{\mu}{\alpha}} \quad (26)$$

Ist das Ziehgerät dagegen so gebaut, daß die Arbeit des Bremszuges (negativ) voll zur Nutzleistung herangezogen werden kann, so wird die gesamte Zieharbeit sogar geringer.

Die Anwendung des Bremszuges ist dort am Platze, wo sonst das Ziehen infolge zu starken Düsenverschleißes praktisch unmöglich erscheint. Der Druck in der Düse q geht nämlich um dasselbe Maß zurück, wie die Zugspannung in der Drahtachse p durch den Bremszug erhöht worden ist.

Man ist damit in der Lage, für jeden Wert der Querschnittsabnahme, des Reibungskoeffizienten und des Düsenneigungswinkels den zu erwartenden Kraftbedarf zu berechnen. Es sei aber betont, daß es sich bei den erwähnten Verlusten nur um jene in der Ziehdüse handelt.

Bei diesen Berechnungen wurde stillschweigend die Formänderungsfestigkeit k_f innerhalb der ganzen Düse als unveränderlich angenommen (mittlere Formänderungsfestigkeit $k_{f(m)}$). Es steht jedoch nichts im Weg — unter Heranziehung graphischer Verfahren —, die von der Größe der Formänderung abhängige Verfestigung nach Bild 17 mit zu berücksichtigen⁴¹⁾.

2. Kraftbedarf beim Warmpressen.

Im folgenden wird angenommen, daß sich der heiß gepreßte Werkstoff wie eine viskose Masse verhält, für welche die im Abschnitt II/4 angegebenen Formeln gelten.

Im Fall, daß die Breitung (in der Richtung senkrecht zur Bildebene) gleich Null ist, d. h., daß

$$\frac{\partial \delta_z}{\partial t} = \frac{\sigma_z - \sigma_m}{2\eta} = 0, \text{ wird } \sigma_m = \sigma_z$$

und damit $\sigma_z = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = \frac{p + q}{2}$ (Bild 32a). Die Grundgleichungen der Verformung viskoser Massen vereinfachen sich in diesem Fall entsprechend Gleichung (19) und nach Bild 32b zu:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} &= \frac{q - p}{2} = 2\eta \frac{\partial \delta_y}{\partial t} = 2\eta \frac{\partial \delta_x}{\partial t} \\ \tau_{xy} &= \eta \cdot \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial t} \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

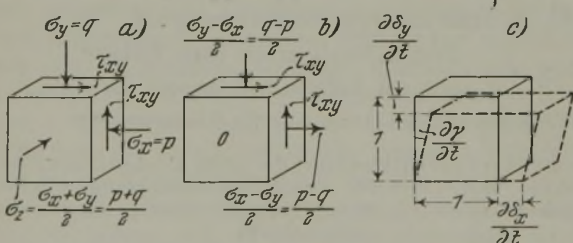


Bild 32. Spannungs- und Formänderungszustand eines Körperelementes beim breitungsfreien Pressen.

In Bild 32b wurde gegenüber dem Spannungsbild in Bild 32a ein allseitiger Zug $\frac{p + q}{2}$ überlagert, der für die bildsamen Formänderung ohne Einfluß ist.

⁴¹⁾ Roš. M., und A. Eichinger: Schlußber. 1. Kongr. Internat. Vereinigg. Brücken- u. Hochbau. Paris 19. bis 25. Mai 1932. Zürich 1934. S. 144/49. Eichinger, A.: Schlußber. II. Kongr. Intern. Vereinigg. Brücken- u. Hochbau. Berlin-München 1. bis 11. Okt. 1936. Berlin 1938. S. 43/47.

a) Breitungsfreies Pressen zwischen parallelen Druckplatten.

In jenem Teil der Probe, in dem an den Berührungsfächen kein Gleiten vorkommt, im Haftgebiet, besteht die Formänderung in einer mit zunehmendem Abstand von der Mittelachse wachsenden Ausbauchung, deren Rauminhalt II gleich dem verdrängten Volumen I sein muß (Bild 33).

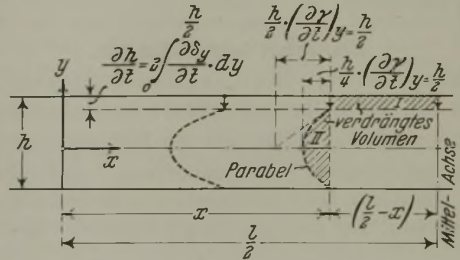


Bild 33. Bildsamen Verformung der Probe beim Pressen zwischen parallelen Druckplatten im Gebiet der Haftreibung.

Die Stauchgeschwindigkeit $\frac{\partial h}{\partial t}$ beträgt:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = 2 \int_0^{\frac{h}{2}} \frac{\partial \delta_y}{\partial t} \cdot dy = \frac{3}{h} \cdot \frac{\partial h}{\partial t} \int_0^{\frac{h}{2}} \left(1 - \frac{4y^2}{h^2} \right) dy.$$

Sie ist mit der Formänderungsfestigkeit k_f für den Fall des Stauchens ohne jede Behinderung in der Querrichtung gemäß Gleichung (22) verknüpft durch die Beziehung

$$\frac{1}{h} \cdot \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial \delta_y}{\partial t} = \frac{\sigma_y}{3\eta} = \frac{k_f}{3\eta}, \text{ weil } \sigma_x = \sigma_z = 0. \quad (28)$$

Mit Hilfe der Grundformeln (27) erhält man dann:

$$\left. \begin{aligned} (q - p) &= 2 k_f \cdot \left(1 - \frac{4y^2}{h^2} \right) \\ \text{und} \quad \tau &= 2 k_f \cdot \frac{2y}{h} \left(\frac{1}{2h} - \frac{x}{h} \right) \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

An den Druckplatten, $y = \frac{h}{2}$, ist

$$q = p = \sigma_m \text{ (allseitig gleicher Druck)}$$

und

$$\tau = 2 k_f \cdot \left(\frac{1}{2h} - \frac{x}{h} \right).$$

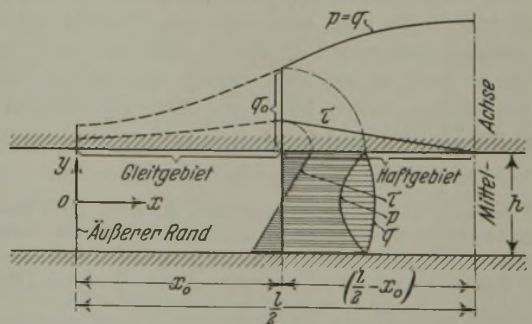


Bild 34. Spannungs- und Schubspannungskomponenten q (lotrechter Druck), p (waagrechtlicher Druck in der X-Richtung) und die Schubspannung τ an den Preßflächen und im Innern des Körpers innerhalb des Haftgebietes beim breitungsfreien Warmpressen zwischen parallelen Druckplatten.

Wie Bild 34 zeigt, wächst τ verhältnisgleich dem Abstand von der Mittelachse, nimmt aber mit wachsendem

Abstand von der Druckfläche linear ab und wird in der Mittelebene für $y = 0$ gleich Null. Die Druckspannung $p = q$ erreicht an der Mittelachse für $x = \frac{1}{2}$ ihren Höchstwert, wobei aber die Linie nicht eine Spitze, sondern eine flache Kuppe bildet. Die Verteilung von p und q über die Probendicke ist ebenfalls in *Bild 34* veranschaulicht⁴²⁾.

Im Gleitgebiet ist die Dehngeschwindigkeit an der Druckplatte (in den Richtungen x und y) nicht mehr gleich Null und daher auch p nicht gleich q . Die vor der Verformung waagrecht gewesenen Linien sind es nachher nicht mehr. Vielmehr ist jetzt die Dehngeschwindigkeit auch von x abhängig. Wir müssen uns daher mit wesentlicher Vereinfachung der Aufgabe begnügen.

Die Gleichgewichtsbedingung eines Körperelementes nach *Bild 35* lautet:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{2 \mu q}{h}$$

$$\frac{k_w}{\frac{2}{\sqrt{3}} k_t} = \frac{2h}{1} \left\{ e^{\frac{2\mu x_0}{h}} - 1 + \frac{q_0}{\frac{2}{\sqrt{3}} k_t} \cdot \left(\frac{1}{2h} - \frac{x_0}{h} \right) + \frac{2}{3} \cdot \frac{(q_{\max} - q_0)}{\frac{2}{\sqrt{3}} k_t} \cdot \left(\frac{1}{2h} - \frac{x_0}{h} \right) \right\} \quad (31)$$

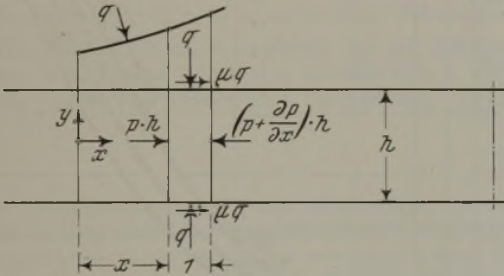


Bild 35. Gleichgewichtsbedingung eines Körperelementes im Gebiet der Gleitreibung.

Die Lösung dieser Differentialgleichung erhält man wieder mit Hilfe der Grundformeln (27):

$$p = \frac{2}{\sqrt{3}} k_t \cdot \left(e^{\frac{2\mu x}{h}} - 1 \right) \text{ und } q = \frac{2}{\sqrt{3}} k_t \cdot e^{\frac{2\mu x}{h}} \quad (30)$$

In der äußersten Ecke für $x = 0$ und $y = \frac{h}{2}$ ist im

Fall lotrechter Begrenzung die Bedingung $\tau = \mu \cdot q$ nicht erfüllbar, weil τ am Rande selbst keinen endlichen Wert annehmen kann, wenn auf der freien Oberfläche keine äußeren Kräfte angreifen. Dies bedeutet aber nur, daß in Wirklichkeit die freie Fläche nicht lotrecht bleiben kann, sondern aus Gleichgewichtsgründen allein eine der zwei in

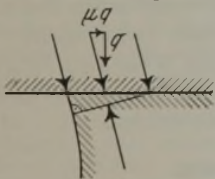


Bild 36. Spannung und Formänderung in der Ecke $x \approx 0, y = \frac{h}{2}$ im Fall des Kegelstauchversuchs.

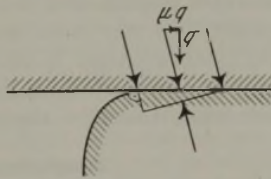


Bild 37. Spannung und Formänderung in der Ecke $x \approx 0, y = \frac{h}{2}$ im Fall des Stauchens zwischen parallelen Druckplatten.

Bild 36 und *37* angegebenen Formen annehmen muß. Die Formänderung nach *Bild 36* kommt zwar beim Kegel-

⁴²⁾ Scott, J. R.: Trans. Rubber Ind. 7 (1931) S. 169/86; nach Chem. Zbl. 103 (1932) I, S. 885. Burgers, J. M.: siehe Fußnote 30; Burgers, W. G., und J. M. Burgers, a. a. O., S. 86. Prandtl, L., und H. Geiringer: Fondements Mathématiques de la Théorie des Corps Plastiques Isotropes. Mémoires des Sciences Mathématiques. Paris 1937. S. 76. Nádai, A.: siehe Fußnote 36, a. a. O.

stauchverfahren⁴³⁾ vor, scheidet aber im vorliegenden Fall aus, weil sie im Widerspruch mit den Grundgleichungen ist, indem

$$\frac{\partial \gamma}{\partial t} = \frac{\tau}{\eta} = \frac{\mu \cdot q}{\eta}$$

sein muß, dagegen nach *Bild 36* die Schiebung der Schubspannung entgegengerichtet wäre. Es bleibt demnach als allein mögliche Form der Formänderung jene in *Bild 37*, wo die freie Oberfläche im erwähnten Eckpunkt winkelrecht zur Richtung der Resultierenden aus q und $\mu \cdot q$ einmündet.

Um die wirklichen Spannungen an den Berührungsf lächen zu ermitteln, müssen die zwei erwähnten Gebiete mit und ohne Gleitung abgegrenzt werden, indem man den Schnittpunkt $x = x_0$ der $\mu \cdot q$ -Linie mit der τ -Linie feststellt (*Bild 34*). Den Formänderungswiderstand k_w erhält man dann gemäß Gleichung (29) und (30):

Die Formänderungsarbeit beträgt:

$$A = \int_{h_0}^{h_1} k_w \cdot F \cdot dh = \int_{h_0}^{h_1} k_w \cdot F \cdot h \cdot \frac{dh}{h} = V \int_{h_0}^{h_1} k_w \cdot \frac{dh}{h} \quad (32)$$

Nimmt man den mittleren Formänderungswiderstand als unveränderlich an, so wird

$$A = V \cdot k_w \cdot \ln \frac{h_0}{h_1} \quad (33)$$

Vergleicht man diese Werte von $\frac{k_w}{\frac{2}{\sqrt{3}} k_t}$ mit den im Schrifttum

bekannt gewordenen, so zeigt sich zum Teil, wenn $\mu = 0,25$ angenommen wird, eine gute Uebereinstimmung, besonders mit der Formel von E. Siebel³⁷⁾ (*Bild 38*).

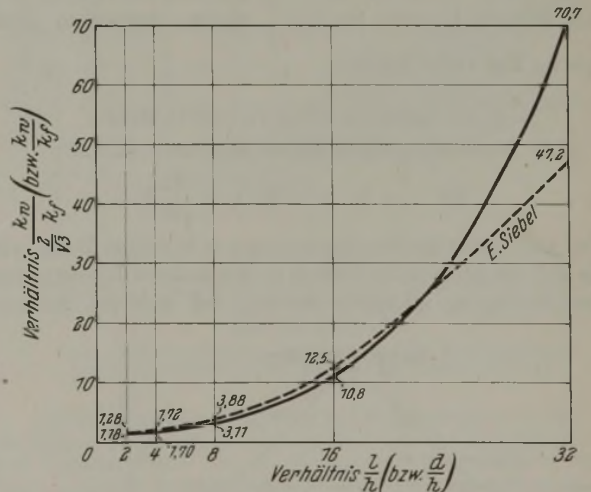


Bild 38. Das Verhältnis zwischen dem mittleren Formänderungswiderstand k_w und dem $\frac{2}{\sqrt{3}}$ -fachen Wert der Formänderungsfestigkeit k_t in Abhängigkeit von der Verhältniszahl $\frac{l}{h}$ (gedrückte Länge zur Probendicke) im Fall des breitunglosen Warmpressens zwischen parallelen Druckplatten.

⁴³⁾ Siehe Siebel, E., und A. Pomp: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 9 (1927) S. 157/71; 10 (1928) S. 55/62.

b) Steigen ins Gesenk an den äußeren Rändern.

Die Differentialgleichung für den Längsdruck p ist dieselbe wie im Fall III/2a. Einzig ist die Randbedingung zu erfüllen (Bild 39).

Für $x = 0$ kann die Druckspannung p in der x -Richtung auf Grund der Geschwindigkeit, mit welcher der Werkstoff aus dem Spalt herausquillt, berechnet werden. Die Spannung p ist nämlich nach Gleichung (27) gleich

$$\frac{p}{2} = 2 \cdot \eta \cdot \frac{\partial \delta_x}{\partial t}$$

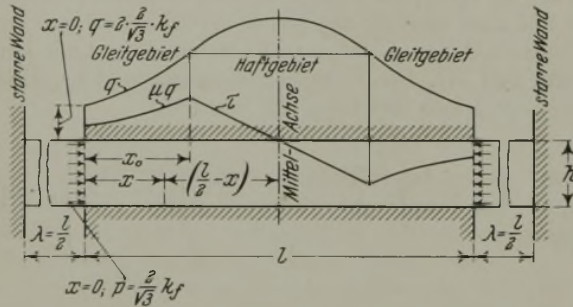


Bild 39. Waagerechter Druck p in der x -Richtung an den Enden der Druckfläche ($x = 0$ und $x = l$) im Fall des Steigens ins Gesenk an den äußeren Rändern. Sonderfall $\lambda = \frac{1}{2}$.

Die bezogene Stauchgeschwindigkeit $\frac{\partial \delta_x}{\partial t}$ in der x -Richtung an der Stelle $x = 0$ verhält sich aber zu derjenigen in der y -Richtung $\frac{\partial \delta_y}{\partial t}$ im Spalt wie $\frac{1}{2}$ zu λ , worin λ die Länge des außerhalb des Spaltes liegenden Werkstückes bedeutet. Je kürzer dieses Stück ist, um so höher wird die Spannung p für $x = 0$ und damit auch der Formänderungswiderstand k_w im Spalt sein.

Für kleine Werte von $\frac{1}{h}$ ergibt sich dann der Formänderungswiderstand im Fall des Steigens ins Gesenk an den äußeren Rändern für $\lambda = \frac{1}{2}$ nahezu doppelt so groß wie im Fall freier Ränder.

c) Steigen ins Gesenk in der Mitte.

Die Randbedingungen lauten jetzt nach Bild 40

$$\text{für } x = 0: p = 0; q = \frac{2}{\sqrt{3}} k_f$$

Für $x = l$ kann die Druckspannung p in ähnlicher Weise, wie im Fall des Steigens ins Gesenk an den äußeren Rändern, aus der Bedingung abgeleitet werden, daß sich die Stauch-

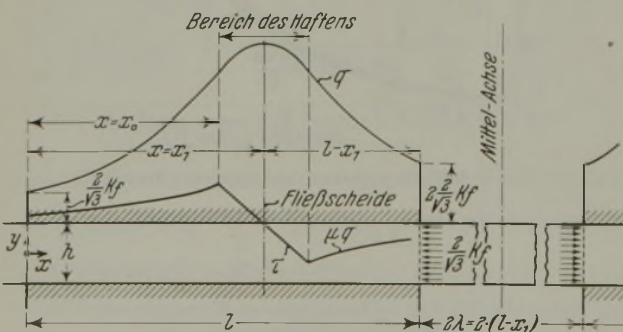


Bild 40. Waagerechter Druck p in der x -Richtung am inneren Ende der Druckfläche ($x = l$) im Fall des Steigens ins Gesenk in der Mitte. Sonderfall $\lambda = (1 - x_1)$.

geschwindigkeit $\frac{\partial \delta_x}{\partial t}$ in der x -Richtung an der Stelle $x = l$

zur Stauchgeschwindigkeit in der y -Richtung $\frac{\partial \delta_y}{\partial t}$ im

Spalt, wie $(1 - x_1)$ zu λ verhält. Je kürzer das Stück 2λ zwischen den beiden gedrückten Längen l ist, um so höher wird p und damit auch q für $x = l$ sein. Ist beispielsweise $\lambda = (1 - x_1)$, so wird für $x = l$

$$p = \frac{2}{\sqrt{3}} k_f \quad \text{und} \quad q = 2 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} k_f$$

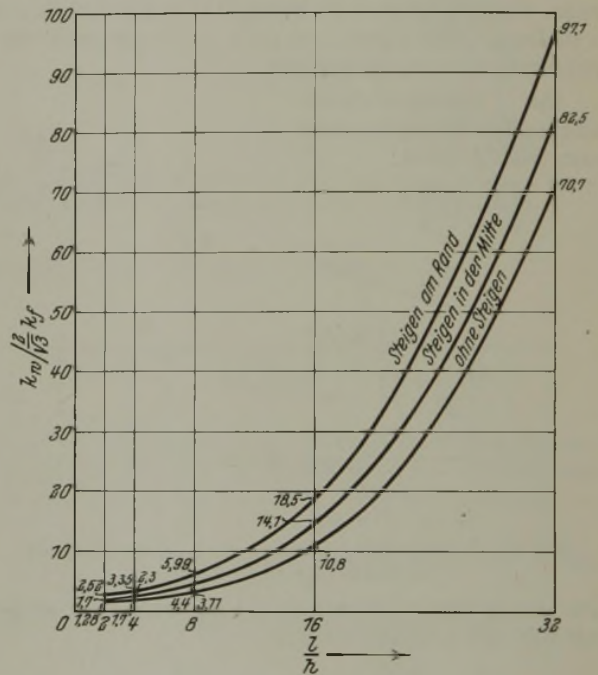


Bild 41. Verhältnis zwischen dem mittleren Formänderungswiderstand k_w und dem $\frac{2}{\sqrt{3}}$ -fachen Wert der Formänderungsfestigkeit k_f in Abhängigkeit von der Verhältniszahl $\frac{1}{h}$ (gedrückte Länge zur Probenhöhe) in den Fällen des breitunglosen Warmpressens zwischen parallelen Druckplatten ohne und mit Steigen ins Gesenk.

Mit Hilfe dieser Formeln und Zahlenergebnisse (Bild 41) dürfte es im Fall des breitunglosen Pressens für jede Form des Gesenkes möglich sein, den zu erwartenden Formänderungswiderstand mit einer praktisch befriedigenden Genauigkeit einzuschätzen. In ähnlicher Weise kann der Formänderungswiderstand für den Fall des Pressens in rotations-symmetrischen Gesenken abgeleitet werden.

Zusammenfassung.

Die für die Berechnung des Kraftbedarfs bei verschiedenen technischen Formgebungsverfahren notwendigen Grundlagen der bildsamen Verformung werden unter sinn-gemäßer Heranziehung der Eigenschaften der Einkristalle zusammengestellt und diese an zwei Beispielen erläutert.

Beim Kaltziehen wurde die Annahme gemacht, daß die Formänderungsfestigkeit k_f von der Größe der bildsamen Verformung unabhängig, somit die Fließgrenze ausgeprägt ist mit der Vergleichsspannung nach Huber-Hencky (Gestaltänderungshypothese):

$$\sigma_g = k_f = \text{konstant.}$$

Dabei wurde die Reibung (äußere Verluste) und die infolge der Notwendigkeit einer dem jeweiligen Neigungswinkel

entsprechenden Umleitung der Fasern auf der Eintrittsseite sowie am Austritt aus der Ziehöse entstehenden inneren Verluste berücksichtigt. Während im Fall der Berücksichtigung der Reibung allein der Wirkungsgrad mit zunehmendem Düsenneigungswinkel stetig steigt, erreicht derselbe im Fall der Berücksichtigung aller Verluste den Höchstwert bei einem von der Querschnittsabnahme und der Reibungszahl (nicht aber von der Formänderungsfestigkeit) abhängigen Düsenneigungswinkel. Eine Uebereinstimmung mit der Messung wurde dabei erzielt, wenn die Reibungszahl $\mu = 0,05$ in die Rechnung eingesetzt wird.

Demgegenüber wurde im Falle des breiungslosen Warmpressens ohne und mit Steigen ins Gesenk angenommen, daß sich der Werkstoff dabei wie eine viskose Masse verhält, für welche die Vergleichsspannung σ_g nicht im ganzen Körper gleich ist, vielmehr von der Viskosität und der örtlichen Formänderungsgeschwindigkeit abhängt:

$$\sigma_g = 3 \eta \cdot \frac{\partial \delta_g}{\partial t}$$

Dabei wurde untersucht, ob an den Preßflächen ein Gleiten mit der Reibungskraft $\mu \cdot q$ (q = lotrechte Druckspannung) möglich ist, oder ob schon geringere von der Schiebung γ an den Druckflächen abhängige Schubkräfte τ genügen, um das Gleiten zu unterbinden (Haftgebiet). Besondere

Beachtung ist der Ecke zu schenken, an der der freie Rand der Probe mit der Druckfläche zusammentrifft. Hier dürfte die freie Oberfläche rechtwinklig zur Mittelkraft aus dem lotrechten Druck q und der Reibungskraft $\mu \cdot q$ einmünden. Die Untersuchung zeigt, daß die Reibungskraft $\mu \cdot q$ im Gleitgebiet annähernd nach einer Exponentialfunktion mit steigendem Abstand von der freien Fläche zunimmt, während im Haftgebiet die Schubspannung τ an den Druckflächen geradlinig gegen die Mittelachse abnimmt. Dies hat neben starker Verminderung des errechneten Formänderungswiderstandes k_w zur Folge, daß an der Mittelachse (Fließscheide) die Linie des lotrechten Druckes q nicht eine scharfe Spitze, sondern eine flache Kuppe bildet.

Sind die Ränder nicht frei, d. h. findet ein Steigen ins Gesenk an den äußeren Rändern oder in der Mitte statt, so kann der dort herrschende waagerechte Druck p aus der Geschwindigkeit, mit welcher der Werkstoff aus dem Spalt hervorquillt und der Länge λ des steigenden Teils des Werkstückes berechnet werden. Dies hat naturgemäß eine Steigerung des mittleren Formänderungswiderstandes k_w und im Fall des Steigens in der Mitte auch eine Verschiebung der Fließscheide zur Folge. Die auf diesen Grundlagen unter den erwähnten Annahmen berechneten Kräfte sind mit den früher im Institut gewonnenen Versuchsergebnissen in guter Uebereinstimmung.

Umschau.

Die „Schlackenprobe“, ein Hilfsmittel bei der Schmelzföhrung im Siemens-Martin-Stahlwerk.

Obleich der Stahlwerker immer mehr oder weniger bewußt das äußere Aussehen der erstarrten „Schlackenprobe“ beobachtet und aus dem Befund gewisse Schlüsse über den Schmelzverlauf gezogen hat, sind bisher nur die Untersuchungen von E. J. Janitzky¹⁾, R. Back²⁾, W. J. Reagan³⁾, J. B. Malloy⁴⁾, dessen Arbeit hier behandelt wird, und neuerdings von W. Bischof⁵⁾ über diese den Betriebsmann unmittelbar berührende Frage bekannt geworden.

J. B. Malloy hat in monatelanger Beobachtung bei unbehüteten Stählen mit höchstens 0,10% C Zusammenhänge zwischen dem Aussehen der Schlackenprobe, der Basizität, dem Eisenoxydulgehalt und zugehörigen metallurgischen Abhängigkeiten festzustellen versucht. Der Verfasser gibt im ersten Teil seiner Arbeit eine in dieser Ausführlichkeit bisher nur noch von R. Back veröffentlichte Beschreibung der einzelnen Schlackenarten innerhalb des Basizitätsbereiches $p = \text{CaO} : \text{SiO}_2 = 0,6$ bis 3,1. Ähnlich wie R. Back unterscheidet er, obwohl die einzelnen Gebiete oft voneinander abweichen, Faltschlacken ($p = 0,6$ bis 1,20), Furchenschlacken ($p = 1,20$ bis 2,15), schwarz glänzende Schlacken ($p = 2,15$ bis 2,65) und silbrige Schlacken ($p = 2,15$ bis 3,1), ohne allerdings die Netzschlacken zu erwähnen.

Leider führt J. B. Malloy neben den Basizitätswerten nicht die eigentlichen Kalk- und Kieselsäuregehalte der untersuchten Schlacken an; auch verzichtet er auf die nach R. Back kennzeichnenden Manganoxydulgehalte und die bildliche Darstellung der beschriebenen Schlackenproben. Nun ist die Basizität $p = \text{CaO} : \text{SiO}_2$ eine wissenschaftlich nicht eindeutig bestimmte Größe und wird daher besser nicht benutzt, weil sie keine klaren Schlüsse zuläßt. So auch im vorliegenden Fall. Wie der Berichterstatter bei eigenen unveröffentlichten Untersuchungen feststellte, spielt nicht die jeweilige Basizität, sondern die Höhe der wahren Kieselsäure- und Kalkgehalte eine maßgebende Rolle bei dem Aussehen der Schlacke. Dies ist auch wohl nicht anders zu erwarten, wenn man sich überlegt, daß z. B. die Oberflächenausbildung der Schlacke durch deren Zähigkeit bestimmt wird, die ihrerseits wieder von der Temperatur und der Zusammensetzung abhängt.

¹⁾ Yearb. Amer. Iron Steel Inst. 1929, S. 417/36; vgl. Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 110/11.

²⁾ Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 355/56 (Stahlw.-Aussch. 204); 54 (1934) S. 945/54 (Stahlw.-Aussch. 282).

³⁾ Iron Age 144 (1939) Nr. 7, S. 31/38.

⁴⁾ Steel 105 (1939) Nr. 26, S. 48/51.

⁵⁾ Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 325/32 (Stahlw.-Aussch. 363).

J. B. Malloy ordnet jeder Basizität einen bestimmten Eisenoxydulgehalt zu; d. h. er will im Betrieb durch Schätzung der Basizität an der Schlackenprobe den jeweiligen Eisenoxydulgehalt der Schlacke festlegen und daraus weitere Abhängigkeiten für den Schmelzverlauf ableiten. Die Frage ist nur, ob dies zu rechtfertigen ist.

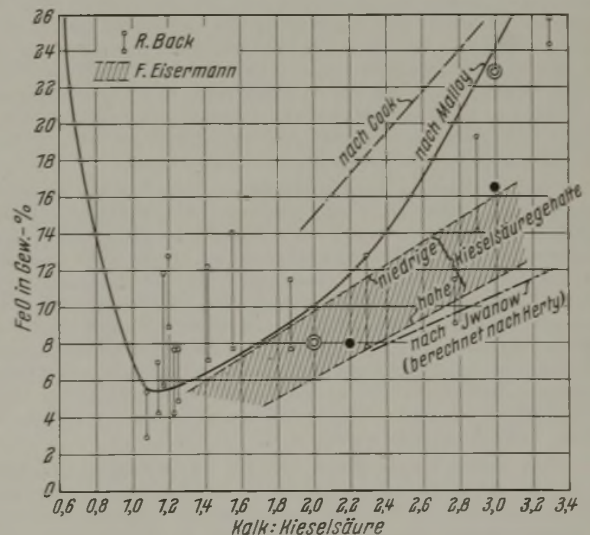


Bild 1. Zusammenhänge zwischen Basizität und Eisenoxydulgehalt von Siemens-Martin-Schlacken nach verschiedenen Forschern.

Zur Klärung dieser Frage hat der Berichterstatter in Bild 1 den Eisenoxydulgehalt in Abhängigkeit von der Basizität nach den Untersuchungen von J. B. Malloy⁴⁾, E. Cook⁶⁾, P. N. Iwanow und G. A. Romodin⁷⁾ nebst eigenen unveröffentlichten Untersuchungen aufgetragen. Die einzelnen Kurven zeigen grundverschiedenen Verlauf, wenn auch ihre Tendenz die gleiche ist. Für die Höhe des Eisenoxydulgehaltes in der Schlacke sind eben noch andere Einflüsse ausschlaggebend, über die C. H. Herty jr. und Mitarbeiter⁸⁾ zuerst eingehend berichteten, wie die Eisenauf-

⁶⁾ Trans. Amer. Soc. Met. 25 (1937) S. 325/419; vgl. Stahl u. Eisen 58 (1938) S. 58/60.

⁷⁾ Arch. Eisenhüttenw. 10 (1936/37) S. 230/32.

⁸⁾ Min. metall. Invest., Pittsburgh, Nr. 64 bis 69 (1934); vgl. Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 165/71.

nahme der Schlacke in Abhängigkeit von den Einschmelzbedingungen und der Schlackenzähigkeit, um die wichtigsten Punkte herauszugreifen. Die Siemens-Martin-Schlacken können beliebige Eisenoxydumengen aufnehmen, da sie an ihnen ungesättigt sind. So werden die Eisengehalte der Einlaufschlacken je nach den oxydierenden Bedingungen immer höher liegen, als nach der übrigen Schlackenzusammensetzung zu erwarten wäre. Dies gilt sowohl für saure als auch für basische Schlacken. Im Verlauf der Entkohlung sinken allgemein die Eisenoxydulgehalte wieder, wenn keine anderen Vorgänge entgegenarbeiten. Schon R. Back prägte den Begriff der „guten Schlacke“, unter der man wohl die Schlacke verstehen muß, die niedrige, bei der betreffenden Schlackenzusammensetzung mögliche Eisenoxydulgehalte erreicht hat. Aus Bild 1 läßt sich entnehmen, daß bei hohen Kalk- und niedrigen Kieselsäuregehalten der Eisenoxydulgehalt der Schlacke ansteigt, während er bei umgekehrten Verhältnissen sinkt, wie auch schon R. Back sowie H. Sonntag und N. Wark⁹⁾ u. a. fanden. Die großen Unterschiede in der Höhe der Eisenoxydulgehalte bei den einzelnen Forschern lassen sich in der Hauptsache wohl auf den Einfluß der Schlackenviskosität zurückführen, die selbst bei schwächer basischen, jedoch dickflüssigen Schlacken einen oft beträchtlichen Eisenoxydulgehalt verursacht; wieviel mehr gilt dies für basische und hochbasische Schlacken. Hinzu kommt noch die Erfahrung, daß Schlacken mit hohen Kieselsäure- und Kalkgehalten weniger Eisenoxydul enthalten als solche mit niedrigen Kieselsäure- und Kalkgehalten.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß der Eisenoxydulgehalt einer Schlacke durch die Basizität, oder auch durch die genaue Kenntnis der Einzelwerte von Kalk und Kieselsäure, nicht allgemein gültig bestimmt wird. Jedem Basizitätswert lassen sich je nach den Betriebsbedingungen beliebig viele Eisenoxydulgehalte zuordnen. Dies bedeutet, daß der Eisengehalt einer Schlacke noch nicht bekannt ist, wenn man in der Lage ist, das Kalk-Kieselsäure-Verhältnis und deren Einzelwerte wirklich einzuschätzen.

Kann man die schwankenden Eisenoxydulkonzentrationen am Aussehen der Schlackenprobe erkennen? Denn damit steigt oder fällt der Wert der Schlackenprobe und auch die Bedeutung der Arbeit Malloy. Im Gegensatz zu der von W. Bischof⁵⁾ vertretenen Auffassung, daß die Eisenoxyde keinen Einfluß auf das Schlackenaussehen haben, glaubt der Berichtstatter, daß in gewissen Grenzen eine Beurteilung des Eisengehaltes in der Schlacke möglich ist. Auch die Schlackenbeschreibungen von J. B. Malloy, der kennzeichnende amerikanische Verhältnisse anführt, lassen gerade bei den silbrigen Schlacken beachtenswerte Schlüsse zu. Zu erwähnen sind auch noch die erstmalig vom Verfasser beschriebenen Schlacken des Basizitätsbereiches $p = 0,5$ bis 1,2 mit ihren sehr hohen Eisenoxydulgehalten.

Nach Auffassung des Berichtstatters reichen die Angaben von Malloy jedoch nicht aus, um seine weitreichenden Rückschlüsse genügend zu begründen. Deshalb kommt auch seinen Untersuchungen nur örtliche Bedeutung zu. Es ist nicht undenkbar, daß bei entsprechenden Einsatz- und Schmelzbedingungen derartige Verhältnisse in der aufgezeichneten Gleichmäßigkeit vorkommen können, zumal da sich die aufgestellten Kurven vor allem auf das Ende der Kochzeit beziehen. Auf die einzelnen von Malloy angeführten Abhängigkeiten von Eisenoxydulgehalt, wie Eisenabbrand, Sauerstoffgehalt im Stahl usw., näher einzugehen, erübrigt sich, da sie nichts Neues bringen und von andern Forschern schon vielfach erörtert worden sind.

Zum Schluß sei allerdings noch auf die Beziehung zwischen Eisenoxydulgehalt der Schlacke und Aluminiumzusatz für unberuhigten Stahl (Bild 2) hingewiesen. Danach wird die Aluminiummenge für die Desoxydation in der Pflanze oder

⁹⁾ Arch. Eisenhüttenw. 4 (1930/31) S. 241/42 (Nachtrag zu S. Schleicher).

Kokille in Abhängigkeit vom Eisenoxydulgehalt der Schlacke gewählt unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Kokillenform. Die Werte von Bild 2 gelten für die Blockquerschnitte $260 \times 860 \text{ mm}^2$ bis $610 \times 1220 \text{ mm}^2$ und einen Blockkopf, der bei der Erstarrung etwa 30 mm fallen soll. Die aus dem Bild abgelesenen Aluminiumzugaben werden zwischen Pflanze und Kokille verteilt, und zwar wird in der Pflanze die 1,16fache der aus Bild 2 abgelesenen Menge zugesetzt. Das restliche Aluminium wird gleichmäßig auf die einzelnen Kokillen verteilt.

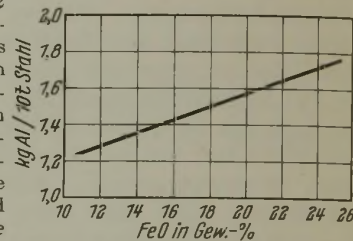


Bild 2. Beziehung zwischen dem Eisenoxydulgehalt der Schlacke und dem Aluminiumzusätzen bei unberuhigtem Stahl.

Die Arbeit von J. B. Malloy ist als immerhin wertvoller Versuch zu bewerten, die Schlackenprobe bewußt als Hilfsmittel für die Schmelzföhrung und die Desoxydation im Stahlwerk anzuwenden.

Friedrich Eisermann.

Stähle für Radreifen und Kropfachsen von Lokomotiven.

Auf Grund von Untersuchungen, die in der Mechanischen Versuchsanstalt des Reichsbahn-Zentralamtes Berlin in den Jahren von 1934 bis 1939 durchgeführt wurden, berichtet A. Pusch¹⁾ über die Entwicklung der Stähle für hochbeanspruchte Radreifen und für gekröpte Lokomotivachsen.

Bei den Radreifen handelt es sich um abblätterungsfeste Sonderstähle, besonders für die Lauf- und Tenderachsen von Schnellzuglokomotiven und um Reifen für Schnelltriebwagen. Zur Vermeidung der Abblätterungen, die in der Regel nicht auf Werkstofffehler, sondern auf eine Ueberbeanspruchung der Lauffläche über die Streckgrenze hinaus zurückzuführen sind²⁾, wurde die Zugfestigkeit gegenüber 80 bis 92 kg/mm² bei üblichen Lokomotiv-Radreifen auf 100 bis 112 kg/mm² gesteigert, wobei eine Bruchdehnung ($l = 5 \text{ d}$) von mindestens 10 % gefordert wurde. Diese mit S 100 V bezeichnete leichtlegierte und vergütete Reifenstahlsorte wurde von mehreren Hüttenwerken erschmolzen und der Deutschen Reichsbahn zur Erprobung vorgeschlagen.

Die Untersuchungsergebnisse sind in *Zahlentafel 1* im Vergleich mit einem üblichen Radreifen (G) zusammengestellt. Die Zugfestigkeit der Sonderstähle streut demnach zwischen 100 und 116 kg/mm² bei einer Dehnung von 12 bis 17 % (ausgenommen Stahl F). In Anbetracht der hohen Zugfestigkeit ist die Kerbschlagzähigkeit besonders der Chrom-Molybdän-Stähle mit 3 bis 5 mkg/cm² als recht gut zu bezeichnen; sie weisen auch eine hohe Dauerschlagzahl auf. Die im wesentlichen mit Wolfram legierten Stähle E und F sollen gegen starke Erwärmungen infolge scharfer Abbremsungen unempfindlich sein; sie zeichnen sich durch eine hohe Verschleißfestigkeit und Dauerschlagzahl aus, doch reicht die Bruchdehnung mit 4 bis 8 % nicht aus. Eine praktische Bedeutung dürfte jedoch diesen Sonderstählen schon wegen ihres Wolframgehaltes für die nächste Zeit nicht zukommen. Dagegen sind die Bestrebungen beachtlich, bei der S 100 V-Güte auch ohne Molybdän- oder Chromzusatz auszukommen; als Beispiel sei der Stahl D genannt, der bei einem Siliziumgehalt von 1,4 % gute mechanische Eigenschaften, vor allem auch eine hohe Verschleißfestigkeit im Spindel-Versuch, aufweist. Es ist wohl anzunehmen, daß auf der Silizium- oder Mangangrundlage noch weitere Sonder-

¹⁾ „Die Abnahme“, Sonderteil des „Anzeigers für Maschinenwesen“ Nr. 5 vom 14. Mai 1940, S. 33/36.

²⁾ Vgl. Kühnel, R.: Stahl u. Eisen 57 (1937) S. 553/59 (Werkstoffaussch. 375).

Zahlentafel 1. Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften von Stählen für Lokomotiv- und Tenderradreifen.

Stahl	Chemische Zusammensetzung						Zugfestigkeit kg/mm ²	Bruchdehnung ($l = 5 \text{ d}$) %	Kerbschlagzähigkeit ¹⁾ mkg/cm ²	Dauerschlagzahl ²⁾ N	Verschleißfestigkeit ³⁾
	% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% W					
A	0,5 bis 0,7	0,3	0,5 bis 0,7	0,6 bis 1	0,2 bis 0,3	—	100 bis 104	14 bis 17	3 bis 5	29 000 bis 35 000	35 bis 80
B	0,7	0,3	0,7	1,3	—	—	109	13	1,5	15 000	55
C	0,7	0,25	0,7	—	0,27	—	106	12	1,0	31 000	—
D	0,7	1,4	0,7	0,4	—	—	112	15	2,0	18 000	> 200
E	0,4	1,6	0,3	—	—	4	116	—	3,0	—	> 200
F	0,5 bis 0,7	1,0	0,4 bis 0,8	1,4	0,3 bis 0,6	1	107 bis 116	4 bis 8	2,0	35 000 bis 71 000	> 200
G	0,6 bis 0,8	0,3	0,5 bis 0,8	—	—	—	80 bis 92	8 bis 14	0,5 bis 1,5	15 000 bis 20 000	10 bis 20

¹⁾ Probe von $10 \times 10 \times 55 \text{ mm}^3$ mit 3 mm tiefem Kerb von 2 mm Dmr.

²⁾ Auf Krupp'schem Dauerschlagwerk mit 4,2 kg Bärgehwicht und 3 cm Fallhöhe.

³⁾ Auf Maschine nach M. Spindel.

Zahlentafel 2. Entwicklung der sparstoffarmen und sparstofffreien Kropfachsenstähle für Lokomotiven seit 1936.

Stahl	Jahr	Chemische Zusammensetzung						Zugfestigkeit kg/mm ²	Dehnung ($l = 5 d$) %	Einschnürung %	Kerbschlag- zähigkeit ¹⁾ mkg/cm ²	Danerschlag- zahl ²⁾	
		% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% Ni						
	Vorschrift vor 1936	—	—	—	—	—	5 ± 0,5	> 60	> 20	> 45	> 12	—	
1	1936	0,21	0,35	0,60	1,04	0,41	—	60 bis 65	23	66	16	13 600	
2	1936	0,24	0,29	0,80	2,5	0,52	—	—	64	25	69	16	11 400
3	1936	0,19	0,31	0,40	1,5	0,31	—	—	63	24	68	14	13 200
4	1937	0,32	0,23	0,70	1,3	0,47	0,5	63,5	23	63	16	11 200	
5	1938	0,31	0,34	1,10	0,22	0,30	0,17	63	22	50	8 bis 11	12 300	
6	1938	0,31	0,26	1,3	0,10	—	—	64	22	42	7 bis 11	9 100	
7	1939	0,32	0,28	1,3	0,07	—	0,14	63	25	63	12	10 800	
8	1939	0,32	0,35	1,1	0,39	—	0,30	65	24	63	16	11 400	

¹⁾ Probe von 30 × 30 × 160 mm³ mit 15 mm tiefem Kerb von 4 mm Dmr.

²⁾ Auf Kruppschem Dauerschlagwerk mit 4,2 kg Bärgegewicht und 3 cm Fallhöhe.

stähle erschmolzen werden, bei denen durch eine sorgfältige Vergütung die Anforderungen an Zugfestigkeit und Bruchdehnung auch bei der laufenden Abnahme voll erreicht werden. Wie weit dies auch für die Einsenkung beim Schlagversuch zutrifft, kann zur Zeit noch nicht übersehen werden.

Für die Entwicklung der Kropfachsenstähle ist seit einigen Jahren maßgebend, den früher vorgeschriebenen Nickelgehalt von 5 ± 0,5 % durch andere Legierungselemente zu ersetzen und darüber hinaus einen völlig sparstofffreien Stahl zu schaffen. In *Zahlentafel 2* sind die in den Technischen Lieferbedingungen 91857 der Deutschen Reichsbahn vorgeschriebenen Güterwerte den an nickelfreien Kropfachsenstählen erzielten Versuchswerten gegenübergestellt. Die Chrom-Molybdän-Stähle 2 bis 5 haben eine überraschend gute Kerbschlagzähigkeit von 14 bis 16 mkg/cm². Da jedoch nicht anzunehmen war, daß derartige Werte auch bei der laufenden Abnahme zu gewährleisten sind, wurde in der neuesten Ausgabe der Lieferbedingungen der Reichsbahn für Radsätze (Nr. 91857 vom November 1939) die Kerbschlagzähigkeit für Kropfachsenwellen aus geschmiedetem Chrom-Molybdän-Stahl auf nur 10 bzw. 8 mkg/cm² unter Beibehaltung der sonstigen Anforderungen festgesetzt. Die weitere Entwicklung führte dann über den Mangan-Molybdän-Stahl (Nr. 6) zu den völlig sparstofffreien Kropfachsenstählen, die deshalb in der Gegenwart von besonderer Bedeutung sind. Hierunter fallen die in der *Zahlentafel 2* mit Nr. 7 bis 9 bezeichneten Manganstähle; während bei dem Stahl 7, der durch eine besondere Schmelzführung bevorzugte Eigenschaften erhalten sollte, die Kerbschlagzähigkeit und auch die Dauerschlagzahl nicht ganz befriedigten, ist die Kerbzähigkeit der Stähle 8 und 9 überraschend gut.

Alfred Pusch.

Magnete aus gesinterten Eisen-Nickel-Aluminium-Legierungen.

G. H. Howe¹⁾ berichtet über eingehende Sinterversuche an Eisenlegierungen mit Nickel-, Kobalt- und Aluminiumzusätzen, wie sie für Dauermagnete verwendet werden. Seine Feststellungen sind insofern bedeutsam, als sie sich in den meisten Punkten mit den Ergebnissen anderweitiger einschlägiger Untersuchungen decken.

Howe unterstreicht vor allem die Schwierigkeit, die der Erzeugung gleichmäßiger derartiger Legierungen durch Sintern infolge des hohen, meist 9 bis 13 % betragenden Aluminiumgehaltes entgegenstehen. Der Aufbau solcher Sinterlegierungen aus den Pulvern der einzelnen Metalle führt zu keinem brauchbaren Ergebnis, weil das Aluminium dabei zu Tonerde oxydiert wird. Brauchbare Ergebnisse lieferte jedoch die Verwendung einer Eisen-Aluminium-Vorlegierung mit etwa 50 % Al, die sehr spröde und daher leicht pulverbar ist. Körper, die in der gewünschten Zusammensetzung aus Pulvern dieser Vorlegierung und der übrigen Metalle gemischt, gepreßt und gesintert wurden, zeigten bei Einhaltung bestimmter Vorsichtsmaßnahmen keine nennenswerte Oxydation, sondern waren nach der Sinterung ausreichend gleichmäßig und hatten etwa die gleichen magnetischen Eigenschaften wie gegossene Magnete derselben Zusammensetzung. Nach Howe ist es jedoch nötig, die Sinterung in reinstem Wasserstoff vorzunehmen. Das gelang bei seinen Versuchen dadurch am besten, daß die Sinterkörper in allseitig verschweißte Büchsen aus Stahlblech eingebracht wurden, durch die reinster Wasserstoff unter Ueberdruck durchgeleitet wurde.

Die Notwendigkeit, Sintertemperatur, Sinterdauer und Abkühlungsgeschwindigkeit der Proben nach der Sinterung genau zu regeln, veranlaßte Howe zum Bau eines besonderen Ofens, durch den die beschickte Sinterbüchse hindurchwandern sollte. Um das Anschweißen der Büchsen auf dem Ofenrost zu vermeiden, wurden sie aus einer Mischung von Eisen und Tonerde gepreßt; derartige Büchsen waren allerdings leicht

zerbrechlich. Die Notwendigkeit einer genauen Ueberwachung der Abkühlungsgeschwindigkeit nach dem Sintern begründet Howe vor allem damit, daß die Abkühlungsgeschwindigkeit von ausschlaggebender Bedeutung für die erzielbare magnetische Güte sei; offensichtlich wünscht er also, die zur Erreichung guter Magneteigenschaften der betrachteten Legierungen notwendige besondere Wärmebehandlung in den Sinterungsgang einzubauen. Es liegt auf der Hand, daß dies die Erzielung eines gleichmäßigen Erzeugnisses erschwert.

Howe weist besonders darauf hin, daß Sintermagnete der geschilderten Art gegenüber stofflich gleichartigen gegossenen Magneten ein ganz wesentlich feineres Korn aufweisen. Bekanntlich sind Eisen-Nickel-Aluminium-Magnete mit oder ohne weitere Zusätze von Kobalt und Kupfer im Gußzustand ausgesprochen grobkristallin und daher recht spröde und mit spanabhebenden Werkzeugen nicht bearbeitbar. Offenbar ist es aber Howe nicht gelungen, gesinterte Magnete trotz ihrer Feinkörnigkeit in bearbeitbarem Zustande zu erhalten. Anderweitige Versuchsergebnisse beweisen aber einwandfrei, daß solche Magnete sowohl bohrbar als auch drehbar sind, sofern man Hartmetallwerkzeuge verwendet und geeignete Zerspanungsbedingungen einhält; beispielsweise konnte man in Deutschland einwandfreie Bohrungen von 5 bis 8 mm Dmr. mit hoher Maßgenauigkeit bei einem Bohrweg von rd. 4 m/h erreichen. Howe empfiehlt als Ausweg, an vorgesinterten Magneten die etwa notwendige spanabhebende Bearbeitung durchzuführen und anschließend bei erhöhter Temperatur fertig zu sintern.

Zur Befestigung gesintertter Magnete teilt Howe mit, daß sich Hartlöten nicht, Weichlöten jedoch wohl bewährt habe, zumal wenn das Aluminium aus der Magnetoberfläche durch Ätzen vor dem Löten entfernt wird. Weiterhin empfiehlt er, Eisenfassungen durch Sintern mit den Magneten zu verbinden. Dazu wird in die Preßmatrize zuerst eine Schicht Eisenpulver eingebracht und dann das Legierungspulver aufgefüllt, so daß der fertige Sinterkörper an der gewünschten Stelle der Oberfläche leicht bearbeitbar ist. Es können aber auch Haken und andere Befestigungsteile in dem Preßkörper verankert und mit ihm zusammen gesintert werden; diese sollen infolge der Schrumpfung des Sinterkörpers sehr fest sitzen. Howe empfiehlt, diese Einlagen im Verhältnis zum Gesamtkörper sehr klein zu halten; das ist erklärlich, da sonst sehr leicht ein magnetischer Nebenschluß bewirkt werden kann und im übrigen die Gefahr besteht, daß der Sinterkörper während der abschließenden Wärmebehandlung zerstört wird, falls nicht der Werkstoff der Einlagen einen ähnlichen Wärmeausdehnungsbeiwert hat wie der Sinterkörper selbst.

Howe ist der Ansicht, daß Sintermagnete sich durch vorzügliche magnetische Gleichmäßigkeit auszeichnen und daß die erzielbaren magnetischen Eigenschaften denjenigen entsprechender Gußmagnete gleichen. Er glaubt allerdings, daß der Zeit noch sehr hohe Preis der Metallpulver den Sintermagneten nur dann eine Wirtschaftlichkeit gegenüber Gußmagneten sichert, wenn es sich um sehr kleine Stückgewichte von höchstens 45 g handelt, zumal da nach seiner Meinung die allgemeinen Kosten des Verfahrens ebenfalls mit größer werdenden Stückgewichten stark ansteigen.

Zu den Darlegungen von Howe wäre abschließend zu bemerken, daß nach anderweitigen Versuchsergebnissen Sintermagnete erzeugt werden konnten, die in ihrer Dichte und magnetischen Güte Gußmagneten gleicher Zusammensetzung mindestens gleichkommen, falls man bei ihrer Erzeugung von einer Eisen-Aluminium-Vorlegierung sowie von den Pulvern der weiteren Legierungsmetalle ausgeht. Mit bestem Erfolg sind dabei bereits Sintermagnete bis zum Stückgewicht von etwa 300 bis 500 g erzeugt worden. Allerdings scheint es sich im Gegensatz zur Ansicht von Howe zu empfehlen, die zur Erzielung günstiger magnetischer Eigenschaften notwendige besondere Wärmebehandlung getrennt und nicht etwa im Zuge des Sinterverfahrens vorzunehmen.

Wilhelm Zumbusch.

¹⁾ Iron Age 145 (1940) Nr. 2, S. 27/31.

Angebliche Staublungenkrankungen bei Elektroschweißern.

Im Werk Rosenberg der Eisenwerksgesellschaft Maxilianshütte wurde bei Leuten, die in der Schweißerei arbeiteten, im Herbst 1939 von einzelnen Aerzten Silikose festgestellt. Geschweißte wurde mit blanken Elektroden.

Zur Aufklärung wurde die ganze Angelegenheit Professor Dr. Koelsch vom Bayerischen Institut für Arbeitsmedizin übertragen. Auf seine Veranlassung wurden sämtliche Elektroschweißer des Werkes Rosenberg eingehend untersucht und deren Lungen geröntgt. Außerdem wurde der in der Schweißerei auftretende Staub genauestens analysiert. Es wurde dabei festgestellt, daß es sich nur um Eisenoxyduloxyd handelt; Kieselsäure war in dem Staub nicht enthalten. Die Untersuchung von Professor Koelsch hatte folgendes Ergebnis.

Auch nicht bei einem einzigen Mann konnte eine Staublungenkrankung (Silikose), wie sie als Berufskrankheit staatlich anerkannt wird, festgestellt werden. Ein Teil der untersuchten Leute hatte vielmehr nur eine Lungenverstäubung (Eisenlunge), die jedoch selbst bei starkem Auftreten die Atemtätigkeit der Lunge nicht wesentlich beeinträchtigen kann und auch sonstige Störungen hervorzurufen nicht geeignet ist.

Der Unterschied zwischen der Silikose und der unspezifischen Lungenverstäubung ist im wesentlichen der, daß bei der ersten durch die spezifische Wirkung der Kieselsäure das Lungengewebe verändert wird, so daß allmählich eine Verschmelzung der Lunge und somit Funktionsstörungen hervorgerufen werden, während bei der Lungenverstäubung (Eisenlunge) keine derartigen Veränderungen des Lungengewebes und damit auch keine Verringerung der Atemkapazität eintreten. Eine gewisse Lungenverstäubung tritt im Laufe der Jahre im übrigen bei den meisten Menschen auf, da ja bekanntlich die Luft fast überall erhebliche Mengen Staub enthält.

Die irrtümliche Auffassung, daß eine Anzahl von Schweißern an Silikose leide, ist bei den Aerzten deswegen aufgekommen, weil das Röntgenbild bei der Lungenverstäubung gewisse Ähnlichkeiten mit den leichten Graden der Silikose zeigt und daher die Verschattungen im Röntgenbild des Lungenverstäubten von nicht besonders erfahrenen Aerzten leicht mit der Knotenbildung der Silikose verwechselt werden. Zur Entwicklung einer Silikose ist unbedingt Kieselsäure notwendig. Diese ist jedoch weder in dem zu schweißenden Werkstoff, noch im Schweißdraht, noch im Staub der Schweißerei nachzuweisen, so daß also auch aus diesem Grunde gar keine Silikose vorliegen kann. Karl Stein.

Aus Fachvereinen.

Deutsche Physikertagung 1940 in Berlin.

Schon das äußere Gepräge der Tagung, die gemeinsam von der Deutschen physikalischen Gesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für technische Physik abgehalten wurde, zeigte denkbare Einfachheit und Sachlichkeit.

Obwohl sich die Tagung nur über Sonntag, den 1., und Montag, den 2. September 1940, erstreckte, war die Fülle der gebotenen Vorträge außerordentlich reichlich. Der erste Tag beschäftigte sich namentlich mit Fragen der reinen Physik, wobei der Atomkern und damit zusammenhängende Fragen im Mittelpunkt standen. Die Nachmittagsvorträge des ersten Tages brachten mehr allgemeine Angelegenheiten aus der reinen Physik, von denen wohl die Vorträge von E. Justi über Magnetische Widerstandsvermehrung und Leitungstypen der Metalle sowie von W. Schottky über Abweichungen vom Ohmschen Gesetz in Halbleitern für den Metallkundler einige Bedeutung hatten.

Die Morgenvorträge am zweiten Tage brachten eigentlich die Hauptsache dessen, was für den Eisenhüttenmann von Wert war, denn hier stand das Thema „Hartmetall“ im Mittelpunkt. E. Ammann, Essen, brachte in seinem einleitenden allgemeinen Vortrag:

Die Entwicklung und die technische und wirtschaftliche Bedeutung des Hartmetalles

viele bisher nicht bekannte Einzelheiten. Nach kurzem Eingehen auf die logische Entwicklungsfolge von den unlegierten Stählen mit dem instabilen Härteträger zu den Schnellstählen, Stellite und schließlich den gesinterten Hartmetallen mit stabilen Karbiden als Härteträger brachte er hauptsächlich zum Ausdruck, daß das Hartmetall vor allem als deutsche Erfindung anzusehen ist, woraus sich der deutsche Vorsprung auf dem Hartmetallgebiete erklärt. Die deutsche Aufrüstung sei nicht zuletzt erst ermöglicht worden durch die volle Einsetzung des Hartmetalles,

und zwar in einem solchen Maße, daß die Herstellung Deutschlands an Hartmetallen die der Feindesländer sowie Amerikas zusammen noch weit übertroffen hat. Auch die Entwicklung der Werkzeugmaschine ist durch die Einführung des Hartmetalls nennenswert beeinflusst worden. So konnten die Bearbeitungsgeschwindigkeiten auf ein Vielfaches der früher bei Schnellstählen möglichen Werte gebracht werden unter gleichzeitiger Erhöhung der Standzeiten der Werkzeuge. Den verschiedenen Anwendungszwecken für kurzspanende und langspanende Werkstoffe sowie für zähe und spröde Werkstoffe konnte das Hartmetall in seinen verschiedenen Güten angepaßt werden, so daß heute praktisch für jeden vorkommenden Bearbeitungsvorgang eine günstigste Hartmetallmarke verfügbar ist.

Die eigentlichen Gründe für die Mehrleistung der Hartmetalle, die sich in Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit, Verlängerung der Standzeit und Verbesserung der Oberflächengüte äußern, brachte W. Dawidl, Berlin, in seinem Vortrage:

Untersuchungen über die Grundlagen der Ueberlegenheit von Hartmetalllegierungen bei der Metallbearbeitung

zum Ausdruck. Danach muß man sich einen Bearbeitungsvorgang etwa so vorstellen, daß nicht nur das Werkzeug die nötige Härte und Zähigkeit haben muß, besonders auch Warmhärte, um mit Sicherheit einen Span abzutrennen, sondern daß es dabei auch zu Verschweißungen an der Schneide des Werkzeuges mit dem ablaufenden Span kommt, wodurch einzelne Teilchen des Werkzeuges in ihrem Gefüge gelockert und ausgerissen werden.

Die wesentlichen Gründe für die Ueberlegenheit des Hartmetalles gegenüber z. B. Schnellstählen sind nun darin zu sehen, daß das Hartmetall eine ungewöhnlich große Formbeständigkeit hat. Bleibende Verformungen können erst bei sehr großen Kräften festgestellt werden. Sie halten sich dann aber immer noch um Größenordnungen niedriger als bei Stahlwerkzeugen. Die große Formbeständigkeit ermöglicht genaue Maßeinhaltung des Schnittes und ist andererseits günstig für die Beständigkeit der Schneide, die selbst durch die hohen Schnittdrucke nicht nennenswert von ihren Sollmaßen abgedrückt wird. Hierbei ist zu erwähnen, daß infolge der gesteigerten Arbeitsbedingungen beim Arbeiten mit Hartmetallen die Schnittdrucke um eine Größenordnung oder mehr höher liegen als beim Bearbeiten mit Schnellstählen oder ähnlichen.

Da der Bearbeitungsvorgang im allgemeinen als Trockenreibe vonstatten geht, ist die Wärmeerzeugung an der Schneide verhältnismäßig sehr groß, und hier kommt als zweite wesentliche Eigenschaft für die Ueberlegenheit der Hartmetalle hinzu, daß die Härte mit der Temperatur nur wenig sinkt, und zwar bedeutend weniger als etwa bei Schnellstählen oder gar unlegierten Stählen. An der Werkzeugschneide können Temperaturen bis zur dunklen Rotglut erreicht werden, ohne daß das Hartmetall dabei nennenswert an Schneidhaltigkeit einbüßt. Diese Eigenschaft hat vor allem das Herausgehen zu sehr großen Schnittgeschwindigkeiten ermöglicht.

Die geringe Neigung der Hartmetalle zum Verschweißen mit dem Span ist wertvoll für ihre Anwendung als Werkzeug, da der Verschleißvorgang nicht zuletzt auf dem Ausbrechen der Aufbauschneide und gleichzeitigem Mitreißen von einzelnen Kristallen aus der Schneide beruht.

Das Ausreißen der Aufbauschneide kann aber, wie es nämlich bei Werkzeugen für Stahlbearbeitung gemacht wird, durch Hinzugeben von Titankarbid noch weiter nennenswert herabgedrückt werden. Dabei ist es beachtlich festzustellen, daß die Sinter-temperatur eines Stoffes ähnlich liegt wie seine Verschleiß-temperaturen. Zur Prüfung der Verschleißbarkeit wurden parallelgeschliffene Flächen der verschiedenen Werkstoffe unter Schutzgas erhitzt und nach Erreichen bestimmter Temperaturen das Zusammenhaften geprüft. Dabei zeigte sich, daß Wolframkarbid mit sich selbst bei etwa 1050°, mit Eisenlegierungen bei etwa 1000° verschleißt, während titankarbidhaltige Werkstoffe jeweils rund 100 und mehr Grad höher erst zum Zusammenbacken neigen. Im allgemeinen verschweißen die reinen Metalle etwa der Eisengruppe untereinander schon bei wesentlich niedrigeren Temperaturen, etwa bei 500 bis 600°.

Zusammenfassend ist also die Ueberlegenheit der Hartmetalle gegenüber anderen Verarbeitungswerkstoffen gegeben einmal durch ihre ungewöhnlich hohe Formbeständigkeit, sodann durch ihre Warmhärte und durch ihre geringe Neigung zum Verschweißen¹⁾.

Für den Hartmetallhersteller wertvoll war ferner ein Vortrag, den G. Ritza, Berlin, über einen

¹⁾ Vgl. Arch. Eisenhüttenw. demnächst.

Beitrag zur magnetischen Analyse von Hartmetallen

hielt. Für seine Untersuchungen benutzte Ritzau vornehmlich die Messung der Koerzitivkraft, und zwar nach dem Verfahren mittels des von Neumann entwickelten Koerzimeters, wobei die Probe verschiedenartig gestaltet sein kann. Die Wahl der Koerzitivkraft geschah, weil sie ein Maß für die vorliegenden Spannungen des Werkstückes ist und damit empfindlich auf jede Gefügeänderung anspricht. Die Größe der Koerzitivkraft hängt nach den jetzigen Anschauungen, wie sie u. a. von Becker entwickelt wurden, von der Größe und Dispersität der Spannungen ab. Die im üblichen Hartmetall aus Wolframkarbid mit etwa 5 % Co auftretenden magnetischen Erscheinungen betreffen fast ausschließlich das Kobalt, da der Paramagnetismus des Wolframkarbids gegenüber dem stark ferromagnetischen Kobalt vollständig vernachlässigt werden kann. Die im Kobalt auftretenden Spannungen müssen, da es sich um heterogene Systeme handelt, als Volumdifferenzspannungen angesehen werden. Diese Spannungen müssen sich natürlich mit dem Anteil

des Kobalts im Gesamtmetall ändern; tatsächlich konnte an Hand von Lichtbildern gezeigt werden, daß der Anstieg der Koerzitivkraft zu sehr kleinen Kobaltgehalten sehr erheblich war. Man ist erstaunt, bei Kobaltgehalten von etwa 0,5 % Koerzitivkräfte bis zu 350 Oe zu finden.

Bei verschiedenartig gesinterten Proben mit im übrigen gleichem Kobaltgehalt zeigte Ritzau Zusammenhänge zwischen Sinterungsgrad und Koerzitivkraft. Ritzau warnt aber vor zu weit gehenden Folgerungen hieraus, da die Koerzitivkraft außer vom Sinterungsgrad auch von zahlreichen andern Umständen beeinflusst wird. Die Messung selbst ist infolge der Anwendung des Neumannschen Gerätes denkbar einfach und wenig zeitraubend.

Von den Vorträgen des Nachmittags, die sich mehr auf allgemeine technische Fragen bezogen, sei der Vortrag von Schardin über den zeitlichen Ablauf des Bruchvorganges in Glas und Kunstglas kurz erwähnt.

Hermann Franßen.

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen¹⁾.

(Patentblatt Nr. 39 vom 26. September 1940.)

Kl. 7 b, Gr. 4/40, K 151 196. Vorrichtung zum Abstreifen von Hohlkörpern von einem aus einem inneren und einem äußeren Dorn bestehenden Ziehorn. Adolf Kreuzer, G. m. b. H., Dortmund.

Kl. 7 f, Gr. 1, K 151 070. Ringwalzwerk mit mindestens einer Hauptwalze und mehreren in einem Drehtisch an beiden Enden gelagerten Dornwalzen. Erf.: Friedrich Weitzel, Hamm i. W. Anm.: Adolf Kreuzer, G. m. b. H., Dortmund.

Kl. 10 a, Gr. 17/01, R 106 701. Verfahren zum Ablösen von glühendem Koks od. dgl. Dipl.-Ing. Ulrich Rohrwasser, Uftort ü. Moers.

Kl. 18 b, Gr. 2, K 148 376. Verfahren zur Entschwefelung von Roheisen. Erf.: Dr.-Ing. e. h. Heinrich Koppers, Essen. Anm.: Heinrich Koppers, G. m. b. H., Essen.

Kl. 18 b, Gr. 14/01, V 35 997. Aus Chrom-Magnesit-Steinen bestehendes Gewölbe von Siemens-Martin-Oefen. Erf.: Dr.-Ing. Friedrich Hönig, Großveitsch. Anm.: Veitscher Magnesitwerke, A.-G., Wien.

Kl. 18 b, Gr. 16/01, B 184 277. Verfahren zur Herstellung von Thomasstahl aus mangan- und phosphorhaltigem Roheisen. Erf.: Hermann Alexander Brassert, Chicago, und Dr.-Ing. Carl Schwarz, Berlin. Anm.: H. A. Brassert & Co., Berlin-Charlottenburg.

Kl. 18 c, Gr. 1/12, A 84 231. Eisenloser Induktionsofen zum Oberflächenerhitzen, insbesondere beim Oberflächenerhitzen von Werkstücken. Erf.: Numan R. Stansel, Schenectady, V. St. A. Anm.: Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

Kl. 18 c, Gr. 5/30, Sch 117 353. Förderanlage für das Beschieben von Wärmebehandlungsbädern. Erf.: Wilhelm Bollmann, München. Anm.: H. & R. Schaefer SWF-Förderanlagen, München.

Kl. 18 c, Gr. 9/50, J. 57 324. Fördervorrichtung für einen einseitig offenen, waagrecht oder schräg angeordneten Ofen mit Wärmerückgewinnung. Otto Junker, Lammersdorf ü. Aachen.

Kl. 31 c, Gr. 18/04, B 187 729. Schleudergußmaschine. Erf.: Franz Marx und Hermann Finger, Wetzlar. Anm.: Aktiengesellschaft Buderus'sche Eisenwerke, Wetzlar.

Kl. 31 c, Gr. 18/01, D 81 068. Verfahren und Vorrichtung zum gleichzeitigen Gießen mehrerer Hohlkörper in einer Schleudergußmaschine. Erf.: Dipl.-Ing. Albrecht v. Frankenberg und Ludwigsdorf †, Mülheim (Ruhr). Anm.: Deutsche Eisenwerke, A.-G., Gelsenkirchen.

Kl. 40 a, Gr. 15/01, N 42 343. Verfahren zur Verhinderung von Oxydation, Kohlung oder Entkohlung von Metallen während des Erhitzens und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Harold Julius Neß, Belleville, New Jersey, V. St. A.

Kl. 48 d, Gr. 2/03, S 139 906. Einrichtung zur Aufrechterhaltung gleichmäßiger Zusammensetzung und Temperatur von Beizbädern der eisenverarbeitenden Industrie. Dr.-Ing. Albert Sulfrian, Aachen.

Kl. 50 b, Gr. 9, M 141 976. Verfahren zur Herstellung der Riffelung von Hartgußwalzen. Dr.-Ing. Otto Moog, Braunschweig.

Kl. 75 c, Gr. 6, B 185 542. Schutzschichten auf Metallrohren. Erf.: Josef Keseberg, Wetzlar. Anm.: Buderus'sche Eisenwerke, A.-G., Wetzlar.

Kl. 81 e, Gr. 80, D 78 643. Rollgang mit Gruppenantrieb. Erf.: Karl Backhaus, Duisburg. Anm.: Demag, A.-G., Duisburg.

Deutsche Reichspatente.

Kl. 18 a, Gr. 18₀₅, Nr. 688 339, vom 10. Juni 1938; ausgegeben am 16. Mai 1940. Fried. Krupp Grusonwerk, A.-G., in Magdeburg-Buckau. (Erfinder: Dr.-Ing. Friedrich Johannsen in Magdeburg.) *Verfahren zur Gewinnung von Eisenluppen aus Erzen oder anderen eisenhaltigen Stoffen im Drehrohrofen.*

Um Eisenluppen mit weniger als 2,5 % C, vorzugsweise 0,5 bis 1,5 % C, aus Erzen oder eisenhaltigen Stoffen zu erhalten, die unter Zusatz von festen Brennstoffen im Drehrohrofen verarbeitet werden, wird durch entsprechende Bemessung des Verhältnisses Brennstoff zu oxydierenden Gasen der Eisenoxydulgehalt der sich bildenden Schlacke bei Ausgangsstoffen, für die eine Arbeitstemperatur in der Luppzone von 1150 bis 1250° ausreicht, auf 2 bis 5 %, bei Ausgangsstoffen, bei denen mit Temperaturen über 1250° in der Luppzone gearbeitet werden muß, auf 5 bis 8 % eingestellt.

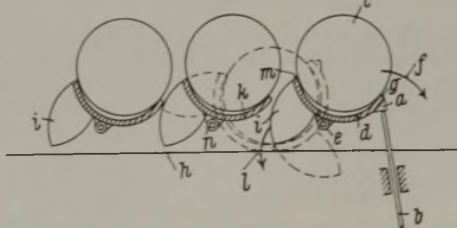
Kl. 18 b, Gr. 10, Nr. 689 176, vom 27. August 1935; ausgegeben am 18. Mai 1940. Fritz Wirth in Leipzig. (Erfinder: Ernst Sommer in Essen.) *Verfahren zum Herstellen von Kohlungsmitteln für Eisen- und Stahlbäder.*

Die Kohlungsmittel werden aus kohlenstoffhaltigen Stoffen hergestellt, die gegebenenfalls unter Zusatz von eisernen Beschwerungsstoffen und Bindemitteln zu Blöcken gepreßt und dann entgast werden, wobei als Kohlungsmittel ganz oder teilweise Flugkoks aus Magerkohlen- oder Anthrazitfeuerungen benutzt wird.

Kl. 18 c, Gr. 1₇₀, Nr. 689 206, vom 20. Juni 1935; ausgegeben am 14. März 1940. I.-G. Farbenindustrie, A.-G., in Frankfurt a. M. (Erfinder: Dipl.-Ing. Erich Zorn in Frankfurt a. M.-Griesheim.) *Verfahren zur Regelung der Härtewirkung von Wasser.*

Dem Wasser, das zum Abschreckhärten an der Oberfläche autogen erhitzter Werkstücke benutzt wird, werden Luft oder andere Gase beigemischt; diese können z. B. in Schaum eingeschlossen werden, der durch den Zusatz von Seifen oder anderen Schaumbildnern zum Wasser hervorgerufen wird.

Kl. 18 c, Gr. 9₅₀, Nr. 689 351, vom 14. Dezember 1938; ausgegeben am 18. März 1940. Siemens-Schuckertwerke, A.-G., in Berlin-Siemensstadt. (Erfinder: Dipl.-Ing. Christian Hollmann in Berlin-Lichterfelde.) *Fördervorrichtung in Durchgangsöfen für prismatische, besonders zylindrische Blöcke.*

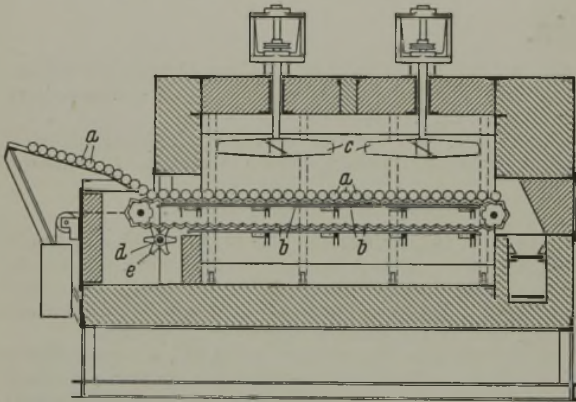


Wird an der Auslaufseite des Ofens der den Anschlag a abstützende Bolzen b gesenkt, so kippt durch das Gewicht des

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

Blockes c die schwenkbar gelagerte Rinne d um Achse e in der Pfeilrichtung f um, bis Rinnenkante g auf das Ofenbett h aufschlägt. Während des Kippens hält die als Gegengewicht wirkende Nockenscheibe i die benachbarte Rinne k in der bisherigen Lage, bis sich Rinne d durch Rollbewegung des Blockes c in den Ofenauslauf entleert hat. Hat Block c die Rinne d verlassen, kippt diese Rinne durch Gegengewicht i in Pfeilrichtung l zurück, bis Kante m auf Bett h aufliegt. Im gleichen Augenblick kippt Rinne k in Richtung f um Achse n, wobei sie sich in Rinne d entleert. Durch das Hineinlaufen des aus Rinne k kommenden Blockes c wird jetzt Rinne d wieder aufgerichtet, was durch nicht dargestellte Hilfsrichtungen bei schwereren Blöcken noch gefördert werden kann. Durch diese Einrichtung werden die Blöcke von neuem so ausgerichtet, daß ihre Achse senkrecht zur Ofenachse liegt und die Blöcke sich nicht untereinander verkleben können.

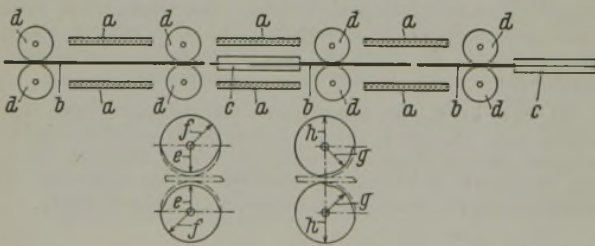
Kl. 18 c, Gr. 9₅₀, Nr. 689 396, vom 3. Februar 1938; ausgegeben am 19. März 1940. Firma Artur Nolzen in Wuppertal-Ronsdorf. Fördereinrichtung in Durchlauföfen.



Das Glühgut a wird selbsttätig mehreren voneinander unabhängigen, nebeneinander angeordneten Förderbändern b zugeführt, die es in gleichmäßigen Abständen durch den Ofenraum tragen; in diesem wird die Luft durch Heizelemente erhitzt und durch Lüfter c umgewälzt. Schaltwelle d mit mehreren schraubenförmig versetzt zueinanderliegenden Schaltarmen e, deren Anzahl mit der der Förderbänder übereinstimmt, ist derart angeordnet, daß die Förderbänder absatzweise nacheinander bewegt werden, indem bei jeder Teildrehung der Schaltwelle jeweils nur ein Förderband fortbewegt wird. Hierbei wird am Ende des Ofens jeweils nur ein einzelnes Werkstück freigegeben, das dann durch eine dem Ofen vorgelagerte Fördervorrichtung der nächsten Arbeitsstelle zugeführt wird.

Kl. 48 a, Gr. 9, Nr. 689 548, vom 9. November 1938; ausgegeben am 27. März 1940. Siemens & Halske, A.-G., in Berlin-Siemensstadt. (Erfinder: Martin Kirchner in Berlin-Lankwitz.) Einrichtung zur Herstellung metallischer Niederschläge auf Gegenständen, besonders auf Blechtafeln und -bändern.

Als Anoden werden aus dem Niederschlagsmetall bestehende Elektroden a im Elektrolyten auf einer oder beiden Seiten der Blechtafeln b angeordnet. Der Strom wird den Blechen durch Führungen c zugeführt, in denen sie während des Durchganges

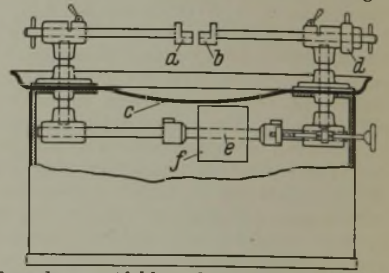


laufen. Die Bleche werden durch den Behälter mit senkrechten Walzen d bewegt, die derart unruh ausgebildet sind, daß sie die Bleche, um eine teilweise Strombedeckung und eine Verkürzung des Niederschlagweges zu erreichen, nur mit zeitlichen Unterbrechungen weiterbefördern, z. B. dadurch, daß die beiden Hälften des Walzenquerschnittes verschiedene Durchmesser e, f haben, oder daß ein oder mehrere Sektoren des kreisrunden Walzenquerschnittes verschiedene Durchmesser g, h haben usw.

Kl. 42 k, Gr. 20₀₃, Nr. 689 751, vom 16. Mai 1936; ausgegeben am 1. April 1940. Siemens & Halske, A.-G., in Berlin-Siemensstadt. (Erfinder: Dr.-Ing. Eberhard Schmid in Falken-

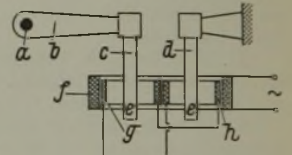
see-Finkenkrug und Dr. phil. Ernst A. W. Müller in Berlin-Siemensstadt.) Vorrichtung zur Ausübung des Magnetpulververfahrens zum Auffinden von Rissen od. dgl. in magnetisierbaren Werkstücken.

Das zu untersuchende Werkstück wird in die Ansatzstücke a, b über der Auffangrinne c für die Eisenpulverflüssigkeit eingelegt und durch eine Stellvorrichtung d eingespant. Der Eisenkern e trägt eine Primärwicklung, die als Fremderregungswicklung angeordnet ist, und darüber die Sekundärwicklung f, aus der der Selbsterregungsstrom durch Wechselstrom entnommen wird. Das Fremdmagnetfeld und der Strom werden in gleicher Richtung durch den Prüfling hindurchgeschickt. Soll der Prüfling nur mit Hilfe des in der Sekundärwicklung erzeugten Stromes magnetisiert werden, kann der von der Primärwicklung und Sekundärwicklung f umschlossene Teil des magnetischen Kreises (Eisenkern e) durch ein verschiebbar gelagertes Hilfsjoch geschlossen werden.



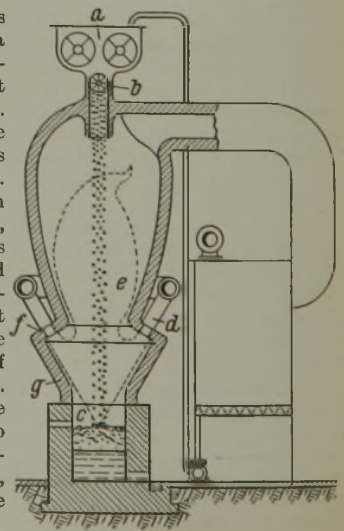
Kl. 42 k, Gr. 20₀₂, Nr. 689 978, vom 9. April 1935; ausgegeben am 13. April 1940. Siemens & Halske, A.-G., in Berlin-Siemensstadt. (Erfinder: Dr.-Ing. habil. Werner Krämer in Berlin-Karlshorst.) Vorrichtung zum Bestimmen der inneren Reibung von Werkstoffen, auf der der Prüfling durch wechselstromdurchflossene Spulen zu Dreh- oder Biegeschwingungen angeregt wird.

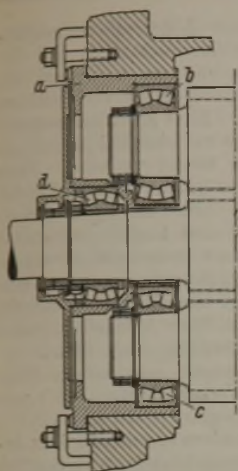
An dem Prüfstab a zur Messung von z. B. Dreheschwingungen ist ein Arm b befestigt, mit einem lamellierten Weicheisenstab c. Gleichgerichtet zu ihm ist ein zweiter gleich großer Weicheisenstab d aus gleichem Werkstoff ortsfest angeordnet. Beide Stäbe werden von einer gleichstromdurchflossenen nicht dargestellten Wicklung vormagnetisiert, was durch e gekennzeichnet wird, und ferner von einer Spule f umfaßt, die mit Wechselstrom erregt wird. Läßt man den Stab frei schwingen und hält z. B. den Erregerstrom in Spule f unveränderlich, dann steigt die Klemmenspannung in Spule f an, da durch die räumliche Bewegung des permanenten Feldes des Magneten c eine Gegen-Elektromotorische Kraft E entsteht, die ein Maß für die zu bestimmende innere Reibungsarbeit ist. Die Klemmenspannung wird $E = E_0 + \Delta E$, worin E_0 die Klemmenspannung bei feststehenden Stäben ist. Um das ΔE aus der Summe der Teilspannungen herauszulösen, werden zwei gleich große, gegeneinandergeschaltete Meßspulen g und h gleicher Windungszahl angeordnet.



Kl. 18 a, Gr. 18₀₂, Nr. 690 009, vom 23. September 1937; ausgegeben am 12. April 1940. Marie Louise Elsbeth Naske, geb. Bleibohm, in Hamburg. (Erfinder: Carl Naske † in Berlin-Lankwitz.) Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Roheisen.

Das Gemisch von mehligem oder grießigen Erzen, Zuschlägen und Brennstoff wird in Gestalt von festen Körpern als Geröll in der Vorrichtung a hergestellt und durch Eintragschleuse b an der Gicht des Schachtofens aufgegeben. Es fällt frei durch die Flamme auf den Herd c, wobei das Erz teilweise reduziert wird. Die Flamme wird durch heißen Gebläsewind gebildet, der durch schräg abwärts angeordnete Windformen d auf den Mittelpunkt des Herdes mit dem Beschickungsgut gerichtet wird; hier wird die Reduktion vollendet, worauf das Eisen geschmolzen wird. Der nach unten verjüngte Ofenschacht e hat oberhalb des Herdes eine doppelkegelförmige Erweiterung f, g, wobei der obere Kegel die Windformen aufnimmt.





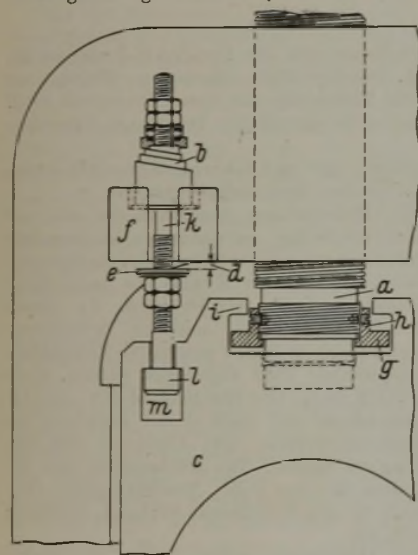
Kl. 7 a, Gr. 18, Nr. 690 038, vom 24. Februar 1937; ausgegeben am 13. April 1940. Kugelfischer, Erste Automatische Gußstahlkugelfabrik vorm. Friedrich Fischer, in Schweinfurt. (Erfinder: Dipl.-Ing. Hans Schulz in Düsseldorf-Oberkassel.) *Wälzlager einbau für Kammwalzgerüste.*

Die übereinanderliegenden Walzenlager sind in dem einteiligen Einbaustück a versetzt zueinander angeordnet. Zum leichten Ein- und Ausbau der Wälzlager sind ihre Bohrungen in den Einbaustücken abwechselnd nach beiden Achsrichtungen offen, z. B. bei drei Kammwalzen die Bohrungen für die Wälzlager b, c der oberen und unteren Kammwalze nach innen und die der Mittelwalze d nach außen.

Kl. 31 c, Gr. 18₀₁, Nr. 690 112, vom 14. Dezember 1937; ausgegeben am 16. April 1940. Deutsche Eisenwerke, A.-G., in Mülheim, Ruhr. (Erfinder: Albrecht von Frankenberg und Ludwigsdorf in Gelsenkirchen.) *Verfahren zur Herstellung von Muffenrohren.*

Gleichquerschnittige Hohlkörper aus Stahl mit den Fertigmaßen ihres langen Teils und mit im wesentlichen glatt durchlaufenden Mantelflächen werden im Schleuderguß als Vorwerkstück hergestellt, an dem nachträglich, möglichst noch unter Ausnutzen der Gießhitze, der Muffenteil od. dgl. durch mechanische Verformung nur dieses Teils wie Aufweiten, Schmieden, Stauchen, Walzen oder Pressen hergestellt wird.

Kl. 7 a, Gr. 22₀₃, Nr. 690 186, vom 25. Oktober 1936; ausgegeben am 18. April 1940. Fried. Krupp Grusonwerk, A.-G., in Magdeburg-Buckau. (Erfinder: Kurt Lehmann in Magdeburg.) *Ausbauvorrichtung für abgefederte Einbaustücke der Oberwalzen bei Walzwerken.*



Für den Ausbau der Oberwalze wird die Spindel a so gedreht, daß sich unter Einfluß der Tragfedern b die Einbaustücke c nach einem Hub d so weit nach oben verschieben, bis Anschlagsscheibe e gegen das Lager f der Feder b stößt. Beim Weiterdrehen der Spindel a stößt der Ansatz g des auf ihr sitzenden Ringes h gegen die Nase i des Einbaustückes und hebt dieses weiter an, so daß die an dem unteren Ende der Tragstangen k angeordneten Tragbalken l in der Aus-

baustückes und hebt dieses weiter an, so daß die an dem unteren Ende der Tragstangen k angeordneten Tragbalken l in der Aus-

nehmung m des Einbaustückes frei werden und die Oberwalze mit Einbaustücken auf den Ausbauwagen abgesetzt und ausgefahren werden kann.

Kl. 7 a, Gr. 2, Nr. 690 242, vom 7. September 1937; ausgegeben am 19. April 1940. Dr.-Ing. Hans Cramer in Krefeld. *Zickzack-Duovalzenstraße.*

Immer je zwei aufeinanderfolgende Walzgerüste I, II und III, IV bilden ein zusammengehöriges Gerüstpaar, und jeder Walzensatz eines solchen Gerüstpaares enthält mehrere Kaliber der ganzen Kaliberfolge a bis h, die in der Kaliberreihe immer abwechselnd auf die beiden Walzensätze eines jeden Walzengerüstpaares verteilt werden (Bild 1). Die einzelnen Rollgänge für die Hin- und

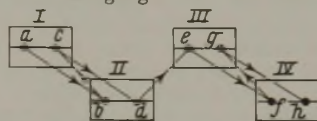


Bild 1.

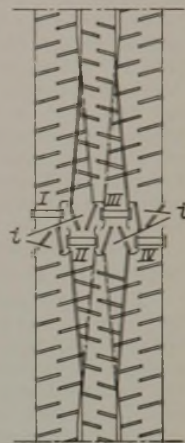
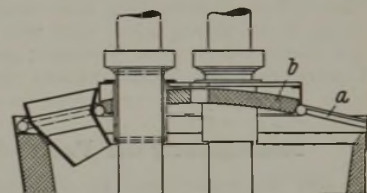


Bild 2.

Rückförderung des Walzgutes werden als sich teilweise überschneidende Schräg- oder Kegellrollgänge ausgebildet und die Wirkung der Schräglage der Rollen durch Geschwindigkeitsregelung geändert (Bild 2). i sind verstellbare Vorrichtungen zum Einführen des Walzgutes.

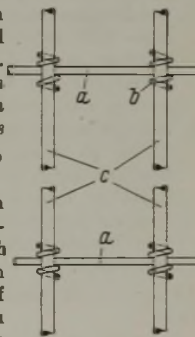
Kl. 40 c, Gr. 16₀₁, Nr. 690 264, vom 16. März 1938; ausgegeben am 20. April 1940. Siemens & Halske, A.-G., in Berlin-Siemensstadt. (Erfinder: Dr. Michael Kauchtschischwili und Paul Sernitz in Berlin-Siemensstadt.) *Geschlossener Lichtbogenofen für die Verarbeitung von Erzen und Mineralien.*

Der äußere ringförmig ausgebildete Dekkelteil a trägt alle für die Zufuhr der Beschickung erforderlichen Vorrichtungen, der innere Ofendeckel besteht aus einem selbsttragenden Kuppelgewölbe b aus keramischem Werkstoff und ruht auf dem äußeren Deckelring auf; beide Teile sind voneinander unabhängig beweglich.



Kl. 18 c, Gr. 8₁₀, Nr. 690 393, vom 3. November 1936; ausgegeben am 24. April 1940. Dr.-Ing. Franz Greis in Essen. *Verfahren zur Herstellung von Drahtgeweben für die Betonbewehrung aus normalisierten Flußstahldrähten mit 0,5 bis 0,8% C, 70 bis 111 kg/mm² Festigkeit und 12 bis 17% Dehnung.*

Die Querstäbe a werden mit kurzen Drahtstücken b unter 45° zur Achse der Querstäbe und untereinander gleichgerichtet durch elektrische Punktschweißung verbunden und dann im ganzen normalgeglüht, worauf nach Aufbiegen der Drahtstückenden zu gleichgerichteten U-Formen die Längsstäbe c in diese U-Formen eingelegt und durch Umschlingen mit den Drahtstückenden starr an den Querstäben a befestigt werden.



Wirtschaftliche Rundschau.

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Abschreibungsfrage.

In der der Reichsgruppe Industrie nahestehenden Zeitschrift „Industrie und Steuer“¹⁾ macht der Leiter der Reichsgruppe Industrie, Generaldirektor Wilhelm Zangen, Düsseldorf, bemerkenswerte Ausführungen über die volkswirtschaftliche Bedeutung der Abschreibungsfrage. Generaldirektor Zangen schreibt u. a.:

„Es bedarf keiner Erörterung, daß die Reichsfinanzverwaltung versuchen muß, die Kosten des Krieges in einem möglichst großen Umfange aus laufenden Steuereingängen zu decken. Ich habe daher volles Verständnis dafür, daß die Steuerschraube im Kriege besonders scharf angezogen wird. Ich habe mich deshalb in vielen Besprechungen mit dem Reichsfinanz- und dem Reichs-

wirtschaftsminister dieser grundsätzlichen Einstellung nicht verschlossen, aber immer wieder dahin gewirkt, daß die Betriebssubstanz der Wirtschaft erhalten bleiben muß, daß ferner die Wirtschaft die für den Krieg notwendigen Anlagen und sonstigen Aufwendungen machen und die Betriebe für jetzt und später auf der Höhe halten kann. Das bedingt, daß den Betrieben nicht Mittel entzogen werden, die diesen Zwecken dienen, denn nicht nur im Kriege, sondern vornehmlich für die Umstellung auf die Friedenswirtschaft nach dem Kriege werden der Industrie, wie der Wirtschaft überhaupt, große mit erheblichen Kosten verbundene Aufgaben gestellt.

Auch das Gebiet der Abschreibungen habe ich mit dem Reichsfinanzminister und Staatssekretär Reinhard behandelt. Ich habe darauf hingewiesen, daß, anstatt die Möglichkeit steuer-

¹⁾ 40 (1940) Nr. 18, Teil I, S. 122/25.

freier Abschreibungen zu beengen, eine großzügigere Behandlung der Abschreibungsfragen dringend notwendig sei, namentlich soweit es sich um die verstärkte Ausnutzung, um den vielfachen Raubbau an den Anlagen sowie Einrichtungen und um Anlagen für vorübergehenden Kriegsbedarf handelt. Ich habe bei beiden Herren volles Verständnis gefunden, daß die Abschreibungsfrage gerade im jetzigen Zeitpunkt der Erhaltung der Substanz der Wirtschaft von besonderer Bedeutung ist. Diesen Fragen kommt im Augenblick ganz besondere Bedeutung zu, weil nicht etwa erst seit Beginn des Krieges die gesamten Anlagen und Einrichtungen der Industrie einer starken Ueberbeanspruchung ausgesetzt sind, sondern weil schon in der Vorkriegszeit bei der Durchführung des Vierjahresplans und der Aufrüstung außerordentliche Leistungen von den Betrieben verlangt worden sind.

Nach der Umstellung der Betriebe auf die Kriegswirtschaft hat sich mehr und mehr gezeigt, daß die von den Finanzbehörden bisher zugelassenen Abschreibungssätze bei den durch den Krieg bedingten Verhältnissen bei weitem nicht mehr ausreichen. Die Ursache liegt außer bei den hohen Steuersätzen darin, daß der Unterschied zwischen kaufmännisch notwendigen und steuerlich zulässigen Abschreibungen zu einer höheren Besteuerung und damit gerade bei den kriegswichtigen Betrieben, auf die es heute ankommt, zur Illiquidität führt. Eine Finanzierung der erforderlichen Ersatzinvestitionen aus Rohüberschüssen ist bei der heutigen steuerlichen und sonstigen Belastung mit öffentlichen und sozialen Abgaben nicht immer möglich. Die Mittel für diese Einrichtungen können daher nur noch durch eine Erhöhung der allgemeinen Abschreibungssätze beschafft werden. Zur Deckung des erforderlichen Investitionsbedarfs mußten zum Teil schon jetzt Schulden aufgenommen werden. Eine weitere Verschuldung wäre unausbleiblich. Eine zunehmende Verschuldung würde aber eine Erhöhung der Unkosten und damit zuletzt eine Erhöhung der Preise bedeuten. Die Unternehmen des Vierjahresplans und der Kriegswirtschaft

brauchen daher dringend steuerliche Abschreibungsmöglichkeiten, die ihrem Investitionsbedarf entsprechen.

Es könnte eingewendet werden, daß die bisherigen Abschreibungssätze ausreichen, um die Mittel für die erforderlichen Ersatzinvestitionen bereitzustellen. Das gehe insbesondere daraus hervor, daß oft Maschinen, die auf eine Reichsmark abgeschrieben seien, immer noch ihren Dienst versehen. Demgegenüber ist jedoch auf das Folgende hinzuweisen: 1. Die für die Ersatzbeschaffung in Form von Abschreibungen zurückgestellten Mittel sind oft nicht ihrem ursprünglich bestimmten Zweck zugeführt, sondern für andere Ausgaben verwendet worden, z. B. für die Beschaffung von Reserve-Aggregaten und für unproduktive Zwecke, wie höhere soziale und steuerliche Leistungen, Umstellungskosten usw. 2. Viele Anlagen sind noch in Betrieb, obwohl sie an sich ersatzbedürftig sind. Es fehlt die Ersatzmöglichkeit infolge Rohstoffmangels oder infolge Geldknappheit, weil andere Aufgaben (Versuchskosten usw.) vorgehen. 3. Die bisherigen Abschreibungssätze gehen oft nicht von den wirklichen Anschaffungskosten, sondern von den fiktiven Anschaffungskosten der Goldmark-Eröffnungsbilanz aus, die zum Teil ganz erheblich unter den tatsächlichen Anschaffungskosten liegen.

Zum Schluß möchte ich noch betonen, daß ich es für zweckmäßig halte, von zentraler Stelle aus einheitliche Abschreibungssätze, wenn überhaupt, nur als Mindestsätze für die einzelnen Wirtschaftsgüter aufzustellen. Ich möchte ferner hervorheben, daß selbstverständlich die von mir geschilderten Verhältnisse in bezug auf Investitionen, Wirtschaftlichkeit wie Liquidität oder Illiquidität der Betriebe, nicht für alle Unternehmungen zutreffen. Es gibt eine große Zahl von Unternehmen, die durchaus in der Lage sind, aus den Ueberschüssen ihre Anlagen in dem von mir geschilderten Sinn auf der Höhe zu halten. Ich habe aber als Leiter der Reichsgruppe Industrie die Pflicht, ein Bild von der gesamten Industrie zu geben und damit auch die ungünstigen Verhältnisse einzelner Industriegruppen aufzuzeigen.“

Neuregelung der Preise für Walzzeug¹⁾.

Der Reichskommissar für die Preisbildung hat im Einvernehmen mit dem Herrn Reichswirtschaftsminister mit Erlaß III—400—13 610 vom 16. September 1940 folgendes bestimmt:

1. Die Preise für Walzeisen sind bei allen Lieferungen, die nach dem 30. September 1940 abgesandt werden, nach den in der Anlage festgelegten Bestimmungen zu bilden.
2. Die Bestimmungen des Erlasses vom 29. März 1940 — III—300—3481 betr. Frachtausgleich sowie die Kürzung der Handelsspanne des Eisenhandels, die zur Aufbringung der Mittel für die Uebergangvergütung Ostmark angeordnet worden war, treten an diesem Zeitpunkt außer Kraft.
3. Solange wegen der Abwälzung eintretender Preiserhöhungen durch die Eisen verarbeitende Industrie keine besonderen Bestimmungen getroffen sind, darf die Eisen verarbeitende Industrie ihre Verkaufspreise nicht erhöhen. Die Bestimmungen meines Erlasses vom 15. Juli 1940 III—400—6909 betr. Preisbildung der Eisen verarbeitenden Industrie bleiben unberührt.

Anlage zum Erlaß III—400—13610 vom 16. September 1940.

1. Die Eisenverbraucher in Ost- und Mitteldeutschland erhalten mit Wirkung vom 1. Oktober 1940 eine Verbilligung ihrer Einstandspreise in Form eines Abschlags von den in den Preis eingerechneten Basisfrachten. Dieser wird auf folgende Erzeugnisse gewährt: Stabstahl, Formstahl, Breitflanschträger, Grobbleche, Mittelbleche, Feinbleche, Breitflachstahl, Band-eisen und Bandstahl, Spundwand-eisen, Walzdraht. Er gilt für alle Lieferungen, die nach dem 30. September 1940 abgesandt werden und wird in der Rechnung abgesetzt.

2. Der Abschlag ist gleich dem Betrag der in Rechnung gestellten Fracht ab Frachtgrundlage, der höher ist als 25 *R.M.* je t. Bei Stab- und Formstahl, soweit er ab Frachtgrundlage Oberhausen verkauft wird, wird der über 19 *R.M.* je t hinausgehende Frachtbetrag abgesetzt. Bei Band-eisen und Bandstahl, soweit sie ab Frachtgrundlage Oberhausen verkauft werden, wird der über 21 *R.M.* je t hinausgehende Frachtbetrag abgesetzt. Bei Walzdraht, soweit er ab Frachtgrundlage Oberhausen verkauft wird, wird der über 22 *R.M.* je t hinausgehende Frachtbetrag abgesetzt.

Verzinktes Material, Röhrenvormaterial und Edelstahl fallen nicht unter diese Anordnung.

Die Frei-Waggon-Preise und die Frei-Schiff-Preise werden mit Wirkung vom 1. Oktober 1940 aufgehoben. Wegen einer Sonderregelung für die Plätze, für die bisher Preise frei Schiff bestanden haben, werden die Beteiligten beauftragt, Vorschläge vorzulegen.

Die Frachtgrundlagen Eger und Johannegeorgenstadt werden mit Wirkung vom 1. Oktober 1940 aufgehoben.

3. Die durch die Preissenkung zugunsten der ost- und mitteldeutschen Eisenverarbeiter entstehenden Erlösausfälle trägt die beim Stahlwerksverband, Abteilung Rohstahlgemeinschaft, gebildete Kasse, die aus den Mitteln des nachstehend geregelten „Frachtausgleich Ost“ gespeist wird. Zu diesem Zwecke erheben die Eisenhüttenwerke und die Verkaufsverbände für alle Lieferungen der in Ziff. 1 genannten Eisensorten, die nach dem 30. September 1940 abgesandt werden, einen Sonderzuschlag von 2 *R.M.* je t. Der Zuschlag ist mit „Frachtausgleich Ost“ zu bezeichnen und muß in der Rechnung besonders kenntlich gemacht werden. Die Abnehmer sind verpflichtet, den Zuschlag zu zahlen. Die Hüttenwerke und die Verkaufsverbände führen die aus dem „Frachtausgleich Ost“ ankommenden Beträge an den Stahlwerks-Verband, Abteilung Rohstahlgemeinschaft, ab.

Die jetzt geltende Abrechnung zwischen dem Stahlwerks-Verband und seinen Mitgliedern wird aus diesem Anlaß nicht geändert.

4. Der Eisenhandel bildet im Strecken- und Lagergeschäft seine Preise ebenfalls nach den Bestimmungen der Ziff. 1 bis 3.

5. Mit Wirkung vom 1. Oktober 1940 werden die Sondervergünstigungen aufgehoben, die bisher gemäß den Bestimmungen des Erlasses vom 29. März 1940 III—300—3481 betr. Frachtausgleich oder gemäß den Sondervereinbarungen gezahlt worden sind, die mit einzelnen Eisenverbrauchern innerhalb des Gebietes geschlossen worden waren, das durch diese Bestimmungen begünstigt wird. An Eisenverbraucher, die eine solche Sondervergünstigung erhalten haben, kann auf einen bei der Arbeitsgemeinschaft der Eisen-, Stahl und Metall verarbeitenden Industrie zu stellenden Antrag eine Ausgleichsvergütung gewährt werden, sofern der neue Einstandspreis gemäß Ziff. 1 bis 4 dieser Bestimmungen höher ist als der bisherige Einstandspreis und die Verteuerung eine unbillige Härte bedeuten würde. Unter den gleichen Voraussetzungen kann ferner an Eisenverbraucher, die bisher auf den Frachtgrundlagen Eger und Johannegeorgenstadt bezogen haben, eine Ausgleichsvergütung gewährt werden.

6. Der lagerhaltende Handel hat für den am 30. September 1940 vorhandenen Bestand an den in Ziff. 1 genannten Eisen-

¹⁾ Siehe auch Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 849/54.

sorten einschließlich des auf dem Transport zu seinem Lager befindlichen Materials 2 *R.M.* je t an den Stahlwerks-Verband, Abteilung Rohstahlgemeinschaft, abzuführen.

Der Betrag ist in sechs gleichen Monatsraten zu zahlen, die erste Rate am 1. November 1940.

7. Der Stahlwerksverband ist verpflichtet, die zum Ausgleich der Lagerverluste des Handels und zur Gewährung der Ausgleichsvergütungen durch die Arbeitsgemeinschaft der Eisen, Stahl und Metall verarbeitenden Industrie gemäß Ziff. 5 erforderlichen Mittel bereitzustellen. Die für den Handel bestimmten Mittel werden durch den Bund der Deutschen Eisenhändler, die für die Eisenverarbeiter bestimmten Mittel durch die Arbeitsgemeinschaft der Eisen, Stahl und Metall verarbeitenden Industrie verteilt.

Der Stahlwerks-Verband übernimmt ferner die Zahlung der Beträge, die die reinen Walzwerke der Ostmark gemäß dem Erlaß III A—300—Ö—1294 vom 8. Februar 1939 erhalten.

* * *

Ab 1. September 1940 ist bereits

eine Sonderregelung für Gießereirohisen

getroffen worden. Für dieses Erzeugnis galt ein Frachtgrundlagensystem mit über 20 Stationen, das sich zum Teil nach den Wasserstraßen richtete. Hier hat man das ganze System der

Frachtgrundlage beseitigt und statt dessen sieben Frachtzonen entwickelt, in denen einheitliche Frankopreise gelten. Der größte Unterschied der Preiszonen beträgt nur 5,50 *R.M.* Nach dieser Regelung ist Hämatit im Rheinland billiger als in der Ostmark. Es kostet nämlich in der Ostmark 86 *R.M.* gegen 80,50 *R.M.* im Rheinland. Der Zonenzuschlag beträgt in Süddeutschland 4 *R.M.*, in Mitteldeutschland 3 *R.M.*, in Norddeutschland 1,50 *R.M.*, in Schlesien 2,50 *R.M.* Für die verschiedenen Sorten ergeben sich einheitliche Abschläge, für Gießereirohisen I 2,50 *R.M.* Der niedrigste Zonensatz hierfür beträgt im Rheinland danach 78 *R.M.*

Zwischen dieser letztgenannten Maßnahme und dem Preisabschlag im Osten besteht aber ein grundsätzlicher Unterschied. In diesem Falle handelt es sich um eine wirtschaftspolitische Maßnahme, die den Zweck verfolgt, für die Eisenverbraucher im Osten Deutschlands eine wirtschaftliche Erleichterung zu schaffen. Eine grundsätzliche Neuordnung sollte damit noch nicht eingeleitet werden, zumal da zur Zeit noch in keiner Weise zu übersehen ist, wie eine solche Neuordnung allen wirtschaftlichen Erfordernissen am besten Rechnung trägt. Die Bildung von Zonenpreisen für Gießereirohisen indessen ist keine wirtschaftspolitische Maßnahme, sondern verfolgt den Zweck, eine Vereinfachung in die Preisberechnung zu bringen, um das Rechnungswesen zu erleichtern und den Bürobetrieb zu vereinfachen.

Buchbesprechungen.

Kommerell, O., Dr.-Ing., Abteilungspräsident bei der Reichsbahndirektion in Berlin: **Erläuterungen zu den Vorschriften für geschweißte Stahlbauten** mit Beispielen für die Berechnung und bauliche Durchbildung. 5., neubearb. u. erw. Aufl. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn. 80.

T. 1: Hochbauten. Mit 118 Textabb. 1940. (XI, 142 S.) 5 *R.M.*

Mit der Entwicklung, der Berechnung und der baulichen Durchbildung von geschweißten Stahlbauten ist der Name des Abteilungspräsidenten bei der Reichsbahndirektion in Berlin, Dr.-Ing. O. Kommerell, eng verbunden. Seine „Erläuterungen zu den Vorschriften für geschweißte Stahlbauten“ sind dem Statiker Richtschnur für die Konstruktion von Hochbauten und vollwandigen Eisenbahnbrücken. Den Anteil, den O. Kommerell an dieser Entwicklung hat, kennzeichnet er selbst durch folgenden Satz in dem Vorwort zur vierten Auflage 1934: „Wie schon im Vorwort zur ersten Auflage in Aussicht gestellt wurde, hat eine stürmische Entwicklung den Stahlbau ergriffen, nachdem ich in den früheren Auflagen an der Hand von Beispielen den Weg gezeigt hatte, wie man geschweißte Stahlbauten berechnen kann.“

In der nunmehr vorliegenden fünften, neubearbeiteten und erweiterten Auflage der „Erläuterungen zu den Vorschriften für geschweißte Stahlbauten, 1. Teil: Hochbauten“, kann der Verfasser nicht von einer weiteren schnellen Entwicklung im Stahlbau sprechen, sondern er setzt sich vielmehr mit den Rückschlüssen im Stahlbau und den daran anknüpfenden Schweißempfindlichkeits-Untersuchungen und deren Ergebnissen in einem neu hinzugefügten Abschnitt auseinander und gibt einen zusammenfassenden Ueberblick über den Stand der Erkenntnisse in diesen Fragen, die die beteiligten Werkstoffachteleute seit 1936 beschäftigen. Es soll darum gerade dieser Abschnitt: „Augenblicklicher Stand des Schweißens von Stahlbauwerken in Deutschland. Neuere Versuche und Auswertung“, einer eingehenderen Betrachtung unterzogen werden.

Der Inhalt dieses Abschnittes ist für den Konstrukteur, der die Entwicklung nicht verfolgt hat, vielleicht nicht ganz glücklich gegliedert: Nach einer Einleitung erfolgt die Einteilung des Stoffes in den Unterabschnitt „Risse an der Unterführung der Hardenbergstraße am Bahnhof Zoo in Berlin“ und in den weiteren „Risse an den geschweißten Ueberbauten des Talübergangs bei Rüdersdorf“. Während im ersten Unterabschnitt neben dem Befund und den vermuteten Ursachen der Ribbildung auch über die planvollen Versuche mit Aufschweißbiegeproben und über Schlüsse aus diesen Versuchen, die keineswegs ausschließlich mit dem Schadensfall am Bahnhof Zoo in Verbindung stehen, berichtet wird, bespricht der Verfasser in dem zweiten Unterabschnitt über den Schadensfall der Rüdersdorfer Brücke die neuen Richtlinien und Vorschriften für St 37 und St 52, die besser nebengeordnet worden wären.

Alle im Anschluß an die Rückschlüsse bei den Brücken Bahnhof Zoo und Rüdersdorf durchgeführten Schweißempfindlichkeits-Untersuchungen befassen sich mit der von O. Kommerell vorgeschlagenen Aufschweißbiegeprobe, vermittels der

es erstmalig gelang, verformungsarme Trennbrüche, wie sie im Falle Rüdersdorf ähnlich aufgetreten waren, an dicken Profilen zu erzeugen. Die Fragen nach der Erklärung für dieses Verhalten und nach den möglichen Schlußfolgerungen auf die Stahlgüten haben zur wissenschaftlichen Analyse dieses technologischen Prüfverfahrens und zur Erfassung einer ganzen Reihe von Faktoren geführt, die das Ergebnis des Aufschweißbiegeversuches maßgeblich beeinflussen. So ist der erreichte Biegewinkel wesentlich von der Temperatur, bei der die Schweißung der aufgelegten Raupe vor sich geht, abhängig, und zwar wird das plötzliche Durchschlagen der Proben vermieden, wenn während des Schweißens eine Temperatur von 200 bis 300° vorliegt. O. Kommerell gibt unter Hinweis auf seine Veröffentlichung im „Stahlbau“¹⁾ einen Abriss der zeitlichen Entwicklung seiner Erkenntnisse über den Wärmeeinfluß auf die Schweißbarkeit des St 52. Wenn der Verfasser im Anschluß daran bemerkt, daß nach Einleitung dieser Versuche (Schweißung von Schweißbiegeproben bei 100, 200 und 300° Vorwärmung) ähnliche Versuche auch bei den einzelnen Stahlwerken durchgeführt wurden, so muß doch richtiggestellt werden, daß mehrere Werke dem zuständigen Ausschuß bereits im Oktober 1937 Untersuchungen an unter Vorwärmung geschweißten Proben vorgelegt haben, und daß diese Versuche angeregt wurden durch die guten Erfahrungen, die man in der Praxis beim vorgewärmten Schweißen schwerer Profile in großen Stahlkonstruktionen bereits gemacht hatte.

In dem Unterabschnitt „Systematische Versuche mit Aufschweißbiegeproben“ bespricht der Verfasser die von ihm theoretisch abgeleitete Beziehung zwischen dem Biegewinkel α , der Dehnung Δl auf der äußeren Zugfaser der Biegeprobe und der Probenbreite t :

$$\alpha = \frac{2 \cdot \Delta l}{t}$$

Diese Formel kann nur als erste Annäherung angesehen werden, da der Einfluß der Probenbreite nicht berücksichtigt worden ist. Probenbreite und -dicke, auch in ihrem Verhalten zueinander, sind aber bestimmend für die Größe des beim Biegen auftretenden mehrachsigen Spannungszustandes. Die in der Formel enthaltene Dehnungskomponente Δl wird also in ihrer Größe nicht nur durch die Längsspannung, sondern auch durch eine Querspannung, die vor allem von der Probenbreite abhängig ist, bestimmt. Daß dieser Einfluß nicht unbedeutend ist, geht aus den vom Verfasser auf Seite 9 wiedergegebenen Versuchsergebnissen hervor. Die Mittelwertgerade dieser Meßergebnisse genügt bei der hier angewendeten Probenform obiger Beziehung erst nach Einführung eines Faktors von der Größe 0,77. In diesem Wert ist vermutlich der Einfluß der Probenbreite enthalten.

Hat der Verfasser den vorstehend besprochenen Abschnitt in der neuen Auflage ergänzend hinzugefügt, so sind außerdem die weiteren Abschnitte auf den neuesten Stand gebracht worden. Hierbei geht der Verfasser u. a. auf die neuesten Arbeiten von O. Graf über Dauerfestigkeitsuntersuchungen in den entsprechenden Unterabschnitten ein und stellt die neuen Erkenntnisse unter dem Gesichtswinkel des Brückenbaues zusammen.

¹⁾ Jg. 11 (1938) S. 51.

Bei Behandlung der Ursprungsfestigkeit von Stirnkehlnähten (Seite 61) hat der Verfasser allerdings O. Graf mißverstanden. Dieser Punkt bedarf einer Erörterung, um bei Anwendung Schadensfällen vorzubeugen. O. Graf teilt mit, daß ihm durch Ausschleifen des Ueberganges von der Schweißbraupe zum Mutterwerkstoff, also Beseitigung der Einbrandkerben, eine wesentliche Erhöhung der Ursprungsfestigkeit bei Stirnkehlnähten gelungen ist. Aus der von Graf übernommenen Abbildung (Bild 53) schließt der Verfasser irrtümlich, daß diese Verbesserung durch Schaffen einer Entlastungskerbe bewirkt wird. Es hat infolgedessen den Anschein, daß eine eingeschlossene Kerbe an dieser Stelle wünschenswert sei. Graf betont jedoch die Notwendigkeit eines allmählichen Ueberganges.

Im Text verstreut befinden sich einige Schönheitsfehler, wie beispielsweise: „Der überhärtete Baustoff“ (Seite 6), „Reinheitsgrad von C“ (Seite 28) oder „Dauerfestigkeit bei wieder-

holten Belastungen“ (Seite 41), die bei einer weiteren Auflage ausgemerzt werden sollten.

Wenn hier einige Einwände gegen den Inhalt einzelner Abschnitte herausgestellt sind, so soll das keineswegs eine allgemeine Ablehnung bedeuten. Im Gegenteil ist anzuerkennen, daß sich der Verfasser in dankenswerter Weise der nicht geringen Mühe unterzogen hat, dieses viel gebrauchte Büchlein auf den neuesten Stand zu bringen. Auch der Werkstoffachtmann wird es angenehm empfinden, die neuen Arbeiten über Schweißempfindlichkeit der Baustähle, auf einheitliche Gesichtspunkte abgestimmt, in ihren wichtigsten Ergebnissen zusammengetragen zu finden. Auf Grund einer solchen Zusammenstellung wird es offenbar, wie durch die Forschungsarbeiten eine sichere Grundlage für die Weiterentwicklung des Schweißens im Hoch- und Brückenbau gegeben wird.

Karl Schönrock.

Vereins-Nachrichten.

Verein Deutscher Eisenhüttenleute.

Betriebswirtschaftliche Vortragstagung in Witkowitz.

In Zusammenarbeit mit dem Kreisamt für Technik in Mähr.-Ostrau und der Betriebswirtschaftsstelle des Eisenwerkes Witkowitz veranstaltete der Verein Deutscher Eisenhüttenleute am 4. und 5. September 1940 im großen Saal des Werkshotels Witkowitz eine betriebswirtschaftliche Vortragstagung, die von mehr als 400 Teilnehmern aus dem Protektorat und Oberschlesien einschließlich des ostoberschlesischen und des Olsa-gebietes besucht war. Es sprachen Professor Dr.-Ing. K. Rummel, Düsseldorf, über die Tätigkeit des Ausschusses für Betriebswirtschaft des Vereins und Aufgabengebiete der eisenhüttenmännischen Betriebswirtschaft und Dr.-Ing. H. Euler, Düsseldorf, über „Grundlagen der Leistungsermittlung und ihre Anwendung in Eisenhüttenwerken und verwandten Industriezweigen“.

Die Tagung darf als ein guter Erfolg angesprochen werden. Sie gab den Eisenhüttenleuten des neuen großen östlichen Industriegebietes Gelegenheit, die Arbeit des Vereins auf betriebswirtschaftlichem Gebiete im engeren kennenzulernen, und diente auch der persönlichen Fühlungnahme, die durch einen am 4. September vom Eisenwerk Witkowitz gebotenen Kameradschaftsabend lebhaft unterstützt wurde.

Änderungen in der Mitgliederliste.

- Arendt, Erich*, Dipl.-Ing., Direktor, Reichenau über Konstanz, Haus Eilandfrieden. 08 002
Batusic (Namensänderung, früher Batisweiler), Rudolf, Dipl.-Ing., Oberingenieur, Serbische Berg- u. Hüttenindustrie A.-G., Smederevo (Jugoslawien). 33 007
Dango, Bernhard, Ingenieur, i. Fa. Dango & Dienenthal, Siegen; Wohnung: Koblenzer Str. 30. 35 090
Endell, Kurd, Dr. phil., Professor, Techn. Hochschule Berlin; Wohnung: Berlin-Wannsee, Am kleinen Wannsee 30 b. 18 022
Gersdorf, Curt, Dipl.-Ing., Focke-Wulf Flugzeugbau G. m. b. H., Bremen-Flughafen; Wohnung: Duisburg, Lippestr. 4. 39 023
Haag, Johannes, Dipl.-Ing., Hüttendirektor, Vorstandsmitglied der Neunkircher Eisenwerke A.-G. vorm. Gebr. Stumm, Neunkirchen (Saar); Wohnung: Landsweiler Str. 4. 23 064
Kauer, Friedrich, Ingenieur, Metallguß-Gesellschaft, Leipzig W 35; Wohnung: Kapitän-Haun-Str. 44. 40 110
Krautter, Alfred, Dipl.-Ing., Betriebschef, Eisenwerke Oberdonau G. m. b. H., Linz (Oberdonau), Zizlauer Str. 54; Wohnung: Spallerhof 275. 37 249
Langenfeld, Kurt, Dipl.-Ing., Reichswerke A.-G. für Erzbergbau u. Eisenhütten „Hermann Göring“, Hütte Braunschweig, Abt. Walzwerk, Watenstedt über Braunschweig; Wohnung: Wolfenbüttel, Im Kamp 4. 35 308
Nilsson, Henry Arthursson, stud. rer. met., Vejle (Dänemark), Fredericia-Landevvej 22. 40 152
Olinger, Julius, Dipl.-Ing., Vereinigte Hüttenwerke Burbach-Eich-Düdelingen A.-G., Abt. Burbacher Hütte, Saarbrücken 5; Wohnung: Hochstr. 11. 35 406
Rathke, Hans, Dr.-Ing., Kokereibetriebsleiter, Niederschlesische Bergbau-A.-G., Waldenburg (Schles.); Wohnung: Waldenburg-Dittersbach, Hindenburgstr. 131. 28 137
Schimetschek, Anton, Dipl.-Ing., Junkers Flugzeug- u. Motorenwerke A.-G., Dessau. 40 193
Schulpig, Ernst, Dipl.-Ing., Direktionsassistent, Doggererz A.-G., Donaueschingen; Wohnung: Hindenburgring 22. 24 114

- Suhrmann, Fritz*, Dipl.-Ing., Betriebsingenieur, Rheinmetall-Borsig A.-G., Werk Rath, Düsseldorf-Rath; Wohnung: Düsseldorf 1, Hüttenstr. 33 III. 35 529
Weber, Theodor, Dipl.-Ing., Bergbau-A.-G. Lothringen, Bochum-Gerthe; Wohnung: Bochum, Viktoriastr. 19. 35 566
Weiss, Bernhard, Fabrikdirektor, Siemens, Siegener Maschinenbau A.-G., Berlin W 9, Bellevuestr. 12 a; Wohnung: Berlin-Steglitz, Arno-Holz-Str. 10. 31 110
Witte, Hans, Oberingenieur, Mannesmannröhren-Werke, Abt. Remscheid, Remscheid-Bliedinghausen; Wohnung: Remscheid, Hermann-Löns-Str. 1. 22 210

Gestorben:

- Hasselblatt, Erich*, Dipl.-Ing., Oberingenieur, Leuna. * 4. 11. 1894, † 22. 8. 1940. 22 060
Langhammer, Adolf, Ingenieur, Wiesbaden. * 3. 8. 1871, † 11. 9. 1940. 09 044
Roser, Rudolf, Dipl.-Ing., Direktor, Stuttgart. * 10. 2. 1884, † 12. 9. 1940. 09 068

Neue Mitglieder.

Ordentliche Mitglieder.

- Cremer, Franz*, Ingenieur, Betriebsleiter, Kraft & Co. G. m. b. H., Hohenlimburg; Wohnung: Hagen (Westf.), Moselstr. 12. 40 328
Debuch, Karl, Dipl.-Ing., wissenschaftl. Mitarbeiter, Forschungsinstitut der Mannesmannröhren-Werke, Duisburg-Huckingen; Wohnung: Duisburg-Wedau, Tilsiter Ufer 6. 40 329
Hofmeister, Bernhard, Dr.-Ing., Oberingenieur, Bergwerksverwaltung Oberschlesien G. m. b. H. der Reichswerke A.-G. „Hermann Göring“, Kattowitz (Oberschles.); Wohnung: Nikolaistr. 4. 40 330
Iwersen, Emil, persönl. haftender Gesellschafter u. Geschäftsführer der Fa. J. A. Henckels, Zwillingwerk, Solingen; Wohnung: Ludwig-Woltmann-Str. 28. 40 331
Kessner, Herbert, Dipl.-Ing., Assistent, Deutsche Edelstahlwerke A.-G., Forschungsstelle, Krefeld; Wohnung: Ostwall 97. 40 332
Knuth, Eggert, Dr. scient., Laboratoriumsvorsteher, Dansk Industri Syndikat, Compagnie Madsen, A/S., Kopenhagen (Dänemark), Aarhusgade; Wohnung: Kanslergade 16. 40 333
Langenkamp, Walter, Betriebsingenieur, Reichswerke A.-G. für Erzbergbau und Eisenhütten „Hermann Göring“, Watenstedt über Braunschweig; Wohnung: Wolfenbüttel, Hermann-Göring-Plan 2. 40 334

Eisenhütte Oberschlesien,

Zweigverein des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute.

Dienstag, den 15. Oktober 1940, 16 Uhr, findet im Bismarckzimmer des Kasinos der Donnersmarckhütte, Hindenburg (O.-S.), die

1. Sitzung des neugegründeten Maschinenausschusses

statt mit folgender Tagesordnung:

1. Einleitende Ausführungen des Vorsitzenden über das Arbeitsgebiet des Maschinenausschusses.
2. Die Verwendung von Wälzlagern in Hüttenwerken. Berichterstatter: Dipl.-Ing. W. Boecker, Kattowitz.
3. Neuere Erfahrungen mit Stahl und Sinterisen als Gleitlagerwerkstoffe. Berichterstatter: Dipl.-Ing. F. Thönneßen, Bobrek-Karf.