

Werkstoff- und Legierungseinsparung durch Verwendung von dünnwandigem Edelstahlguß im Pumpen-, Armaturen- und Apparatebau*)

Von Dr.-Ing. H. JURETZEK, Ruhrstahl A.-G., Witten-Annen

Die Verwendung von Stahlguß allgemein bietet dem Konstrukteur den Vorteil einer fast unbeschränkten Gestaltungsmöglichkeit, wie sie sonst nur bei Gußeisen anwendbar ist, in Verbindung mit den hohen mechanisch-physikalischen Eigenschaften gewalzter oder geschmiedeter Stähle. Durch zweckmäßigen Einsatz von Stahlgußgütern mit dem geringsten für den vorliegenden Zweck gerade erforderlichen Gehalt an Legierungsbestandteilen, durch Übergang zu sparstoffarmen oder sogar sparstofffreien Legierungen, feiner durch dünnwandige Ausführung der Konstruktionen lassen sich im Pumpen-, Armaturen- und Apparatebau Werkstoff- und Legierungseinsparungen erzielen.

1. Rost- und säurebeständige Stahlgußgütern.

Die Anforderungen an die rost- und säurebeständigen Stahlgußgütern sind in erster Linie Beständigkeit gegen den korrodierenden Einfluß von Flüssigkeiten, Salzen oder Gasen, hoher Widerstand gegen Erosion und Kavitation, bestimmte Festigkeitseigenschaften und in einzelnen Fällen hohe Zähigkeit. Bereits die in erster Linie genannte Korrosionsbeständigkeit bedingt naturgemäß, je nach Art des angreifenden Mittels, verschiedene Zusammensetzungen und Behandlungen der zur Verwendung kommenden Stahlgußgütern.

Auf Grund des Legierungsaufbaues und des dadurch bedingten Gefüges werden die hochlegierten rost- und säurebeständigen Stahlgußgütern in folgende Gruppen eingeteilt:

- Halbferritische und martensitische Chrom-Stahlgußgütern mit 13—18% Cr und sparstoffarme und sparstofffreie Austauschwerkstoffe.
- Ferritisch-carbidische Chrom-Stahlgußgütern mit 30% Cr und Austauschgütern mit 20% Cr.
- Austenitische und austenitisch-ferritische Chrom-Nickel-Stahlgußgütern.
- Austenitische und ferritisch-austenitische Chrom-Mangan-Stahlgußgütern.

a) Die halbferritischen und martensitischen Chrom-Stahlgußgütern mit 13—18% Cr (Abb. 1) erfahren, wie sich aus dem Zustandsschaubild Eisen-Chrom-Kohlenstoff im einzelnen ablesen läßt, eine teilweise oder völlige Umwandlung zu Austenit bei höheren Temperaturen. Durch die damit gegebene

Nr.	Chemische Zusammensetzung			Festigkeitseigenschaften				
	C %	Cr %	Mo %	Zugfestigkeit kg/mm ²	Fließgrenze kg/mm ²	Dehnung L = 5d% %	Kerbrückigkeit m ² /cm ²	Brinellhärte
1	0,20—0,30	14,0—16,0	—	65—80	40	12—20	3—4	etwa 223
2	0,40—0,50	13,0—15,0	—	70—85	45	10	—	etwa 255
3	0,20—0,35	16,0—18,0	—	70—90	45	9	—	235—280
4	0,20—0,35	16,0—18,0	bis 2,0	70—90	45	9	—	etwa 255
5	0,40—0,60	16,0—18,0	—	härtbar bis 600 B	—	—	—	etwa 300 geglüht

Gefüge



○—0,25% Cr—14%
zäh vergütet

○—0,45% Cr—14%
gehärtet

Abb. 1. Halbferritische und martensitische Chromstahlgußgütern.

*) Vorgetragen auf der gemeinsamen Arbeitstagung der Dechema und der Fachgruppe Apparatebau am 19./20. Mai 1942 in Frankfurt a. M.

Möglichkeit einer Vergütung werden sehr gute mechanische Eigenschaften erzielt.

Die Chrom-Stahlgußgüte 1 ist eine Legierung, die mit 14—16% Cr den zur Erzielung eines passiven Zustandes praktisch geringstmöglichen Cr-Gehalt enthält, wobei zum Zwecke der Einsparung noch die unterste Legierungsgrenze eingehalten wird; sie ist beständig gegen schwache Angriffsmittel insbes. Wasser, Dampf und Atmosphäre, u. zw. vollkommen bei bearbeiteter, besonders geschliffener Oberfläche; auf der Gußhaut oder grobbearbeiteter Oberfläche kann ein leichtes Anrosten auftreten, das aber nicht tiefer eindringt und in keinem Falle zur Zerstörung führt.

Als Beispiel seien einige Reagentien herausgegriffen, gegen die sich der 14%ige Cr-Stahlguß als vollkommen beständig erwiesen hat: Ammoniak, Kochsalz-Brei bei Raumtemperatur, Soda-Lösung, chlorid-haltige Laugen, Chlorwasser, Furfurol; außerdem ist eine gute Beständigkeit gegen die meisten Grubenwässer vorhanden, Versuche und die praktische Bewährung haben ferner ausreichende Seewasserbeständigkeit ergeben. So ist dieser Werkstoff in sehr großem Umfang für Pumpenteile, also Laufräder, Leiträder, Gehäuse, Kolben und Büchsen, verwendet worden und hat sich als ein der Bronze häufig weit überlegener Austauschwerkstoff bewährt. Die Lebensdauer übertrifft die der Bronze um das 4—5fache. Für die Verwendung für Pumpenteile in Hochdruckwasserpumpen und in Wasserkraftanlagen ist die Eigenschaft eines hohen Kavitationswiderstandes von Bedeutung. In einem praktischen Fall hat z. B. ein Laufrad aus 14%igem Cr-Stahlguß, das in einer Pumpe eines Kraftwerkes eingebaut war, bei dem Ausbau nach zunächst 13000 und hernach 19500 Betriebsstunden noch keine Merkmale eines wesentlichen Angriffs gezeigt, während das vorher verwendete Bronzelaufrad nach wenigen Wochen Betriebsdauer infolge Zerstörung durch Kavitation ausgebaut werden mußte.

Bei stärkere Angriffsmitteln, wie Kalilauge, Calciumhypochlorit und Kochsalz-Lösung bei 100° sowie Spiritus + Glycerin, Grubenwasser mit geringen Schwefelsäure-Gehalten sowie Salpetersäure und Phosphorsäure, müßte die Legierung mit etwa 18% Cr verwendet werden. Es muß aber geprüft werden, inwieweit auch hier die Legierung mit 14% Cr unter Verzicht auf vollständige Korrosionsbeständigkeit gewählt werden kann. Der Widerstand gegen Salpetersäure ermöglicht es, den Cr-Stahlguß mit 18% Cr mit gutem Erfolg in der Salpetersäure- und Sprengstoff-Industrie für Pumpenteile, Ventile, Absperrschieber und Kümmer zu verwenden, wo bisher Cr-Ni-Stahl und höher legierte Werkstoffe eingebaut werden mußten. Durch Hinzulegieren von etwa 2% Molybdän wird der Korrosionswiderstand der 18%igen Cr-Stahlgußgüte noch weiter erhöht und eine Widerstandsfähigkeit erzielt, wie sie z. B. höher legierte 30%ige Cr-Stähle oder Cr-Ni-Stähle aufweisen.

Während demnach in den letzten Jahren durch Verwendung der mit 14—18% Cr legierten Edelstahlgußgütern bereits große Fortschritte in der Werkstoff- und Legierungseinsparung erzielt werden konnten, muß das Bestreben heute dahin gehen, die Legierungsmetalle noch weiter einzusparen oder auf ihre Anwendung, soweit es möglich ist, ganz zu verzichten. Eine weitere Herabsetzung des Cr-Gehaltes unter etwa 13% ist nicht ohne weiteres möglich, da bekanntlich zur Passivierung der Oberfläche des Eisens theoretisch ein Mindest-Cr-Gehalt von 12,5% erforderlich ist. Immerhin wird es viele Fälle im Pumpen-, Armaturen- und Apparatebau geben, bei denen die Korrosionsbeanspruchung geringer ist oder bei denen es weniger auf eine Korrosionsbeanspruchung als auf eine Beanspruchung auf Verschleiß ankommt. In Tab. 1 sind zwei Stahlgußgütern

angeführt, bei denen die erste einen verminderten Cr-Gehalt von etwa 9% mit Si-Zusatz, die zweite überhaupt kein Sparmetall enthält.

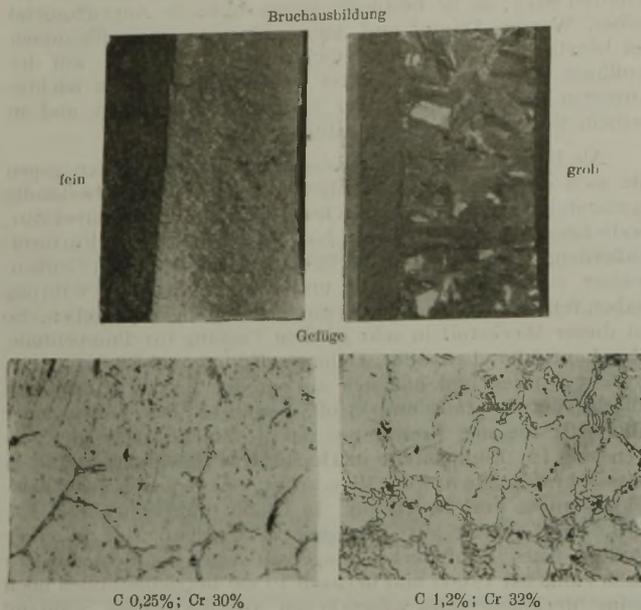
Tabelle 1.

Nr.	Chem. Zusammensetzung				Festigkeitseigenschaften				
	C %	Mn %	Si %	Cr %	σ_B kg/mm ²	$\sigma_{0.2}$ kg/mm ²	Dehnung 1=5d %	Ak mkg/cm ²	Br
1	0,20-0,30	~0,50	1,5-2,0	8,5-9,5	60-80 min. 40	12-24	4-8	180-235	
2	0,40-0,55	0,50-0,70	1,3-1,6	—	70-90 min. 50	8-15	3-5	207-205	

Korrosionsverhalten der Stahlgußgüte 1*)
 Seewasser 20° genügend beständig
 HNO₃ 1,2 20° genügend beständig
 HNO₃ 1,2 80° wenig beständig

*) Bedarf nach der praktischen Erprobung.

b) Als zweite Gruppe müssen die hochlegierten auf der Basis eines Cr-Gehaltes von 20-30% aufgebauten Werkstoffe angeführt werden, die, wenn ihre Verwendung auch stark eingeschränkt werden muß, mitunter nicht zu entbehren sind. Abb. 2 gibt eine Zusammenstellung der hier in Frage



Werkstoffe	Chemische Zusammensetzung					Festigkeitseigenschaften			
	C %	Mn %	Si %	Cr %	Mo %	Zugfestigkeit kg/mm ²	Biegefestigkeit kg/mm ²	Durchbiegung mm	Brinellhärte
1	0,20 bis 0,30	etwa 0,5	etwa 1,0	28,0 bis 30,0	—	40 bis 50	—	—	etwa 212
2	0,80 bis 1,00	etwa 0,5	etwa 1,0	30,0 bis 32,0	—	45 bis 60	etwa 65	8	etwa 300
3	0,80 bis 1,40	etwa 0,5	etwa 1,0	30,0 bis 34,0	bis 2,0	45 bis 60	etwa 65	8	etwa 300

Abb. 2. Ferritisch-carbide Chromstahlgußgüten.

kommenden Werkstoffe. Infolge des ferritisch-carbide Gefügebauwes weisen diese Gußwerkstoffe bei mechanischer Beanspruchung keine nennenswerte Verformung auf. Aus diesem Grunde ist neben der Zug- und Biegefestigkeit als Verformungsgröße nur die Durchbiegung, wie sie bei Gußeisen ermittelt wird, angegeben. Da ein niedriger C-Gehalt von 0,25% (Werkstoff 1) infolge des Vorhandenseins der carbide Gefügebestandteile hinsichtlich Zähigkeit keinen wesentlichen Vorteil gegenüber Legierung 2 mit dem höheren C-Gehalt von etwa 1% bringt, wird Legierung 2 infolge ihrer guten Ver gießbarkeit, welche die Herstellung sehr dünnwandiger Abgüsse mit glatter und sauberer Oberfläche ermöglicht, vorgezogen. Der Nachteil einer Schlagempfindlichkeit kann bei sehr vielen Konstruktionen des Pumpen-, Armaturen- und Apparatebaues in Kauf genommen werden. Der Korrosionswiderstand wird durch Mo-Zusatz bis zu 2% noch erhöht. Dies ist besonders von Vorteil, wenn die Angriffsmittel reduzierende Säuren enthalten. Die Legierungen mit 30% Cr werden sich zur Einsparung von Legierungsmetallen vielfach durch Werkstoffe mit etwa 20% Cr ersetzen lassen. In Abb. 3 sind einige Beispiele für die Widerstandsfähigkeit der Cr-Stahlgußgüten in Abhängigkeit vom Cr-Gehalt für eine Reihe von Säuren und Laugen wiedergegeben.

Die Cr-Stahlgußgüten, die unter der Einwirkung reduzierender Säuren, insbes. Schwefelsäure, i. allg. nicht passiv sind und daher angegriffen werden, werden sofort passivieren, wenn dem Angriffsmittel auch nur geringe Prozentgehalte einer oxydierenden Säure beigegeben sind. Infolgedessen sind

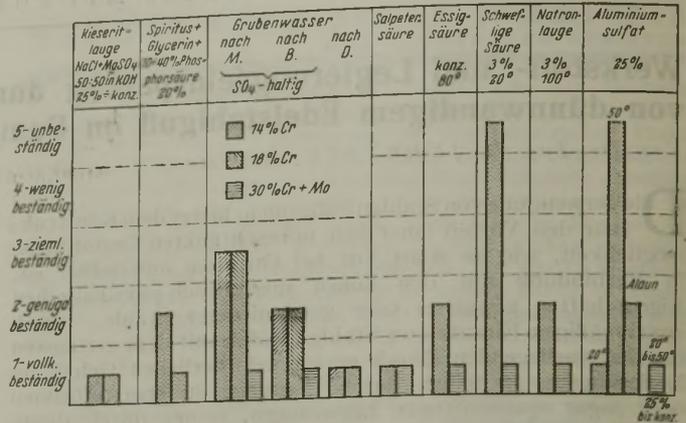
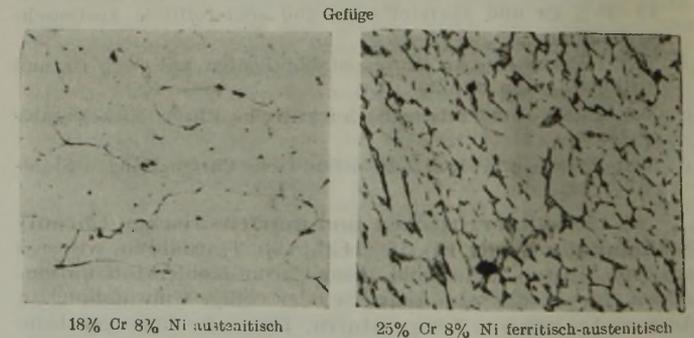


Abb. 3. Korrosionswiderstand der Chromstahlgußgüten.

diese Legierungen gegen Mischsäuren mit mehr als 5% Salpetersäure bereits beständig. Die Beständigkeit gegen die Mischsäuren ist zum Teil auch schon beim 18%igen Cr-Stahlguß vorhanden. Im allg. wird auch hier der Korrosionswiderstand noch durch Mo-Zusatz bis zu 2% erhöht. Anwendungsgebiete für die hoch Cr-haltigen Gußlegierungen sind besonders die Salpetersäure-, Sprengstoff-, Essigsäure- und Fettsäure-, Farben-, Nahrungsmittel- und Genußmittel-Industrie sowie der Motoren- und Schiffsmaschinenbau.

c) Unter den hochlegierten Stahlgußgüten, die neben Chrom noch mit Nickel legiert sind, ist am bekanntesten die seit etwa 25 Jahren verwendete Legierung mit 18% Cr und 8% Ni. In Weiterentwicklung dieser Grundlegierung sind in den letzten Jahren Stahlgußgüten mit verschiedenen Zusammensetzungen und Abwandlungen in der Zusammensetzung geschaffen worden. Eine Zusammenstellung gibt Abb. 4.



Lfd. Nr.	Chemische Zusammensetzung					Festigkeitseigenschaften		
	C %	Cr %	Ni %	Mo %	Zusätze	Zugfestigkeit kg/mm ²	Fließgrenze kg/mm ²	Dehnung L = 5d %
1 ¹⁾	0,10	18,0	8,0	—	—	50-65	mind. 20	mind. 40
2 ²⁾	0,10	18,0	8,0	—	Ta + Nb, Ti	50-65	mind. 20	mind. 25
3 ¹⁾	0,10	18,0	8,0	2,0	—	50-65	mind. 20	mind. 40
4 ²⁾	0,10	18,0	8,0	2,0	Ta + Nb, Ti	50-65	mind. 20	mind. 25
5 ¹⁾	0,15	25,0	8,0	—	—	55-65	mind. 30	mind. 25
6 ²⁾	0,15	25,0	8,0	2,0	—	55-65	mind. 30	mind. 25

¹⁾ Nur mit Nachvergütung schweißbar.

²⁾ Ohne Nachvergütung schweißbar.

Abb. 4. Hochlegierte Chrom-Nickel-Stahlgußgüten.

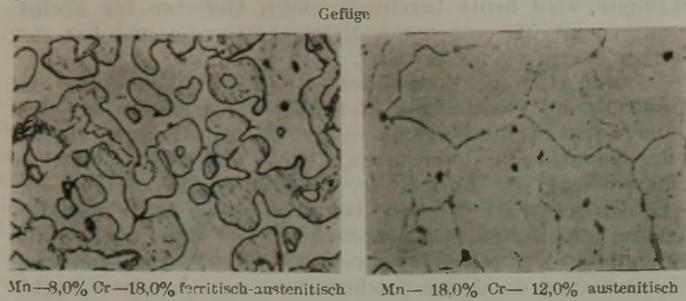
Das Gefüge der Legierungen 1 und 3 mit 18% Cr und 8% Ni ist rein austenitisch, während bei einem höheren Cr-Gehalt von etwa 25% entsprechend den Legierungen 5 und 6 ein beträchtlicher Anteil des Ferrits neben Austenit im Gefüge vorhanden ist.

Die 18/8-Stähle weisen bekanntlich bei Temperaturen von 500-700° wie sie z. B. in der beim Schweißen erwärmten Zone auftreten, eine gewisse Neigung zum Kornzerfall auf, sofern dieser Teil nach dem Schweißen nicht mehr neu vergütet wird. Zur Vermeidung des Kornzerfalls enthalten die schweißbaren Stahlgußgüten 2 und 4 carbid-bildende Zusätze. Durch den höheren Cr-Gehalt tritt bei den Legierungen 5 und 6

nach dem Schweißen kein Kornzerfall ein. Der Korrosionswiderstand dieser eben genannten Legierungen ist entsprechend dem höheren Cr-Gehalt größer als der der 18%igen Cr-Ni-Stähle 1—4.

Die Cr-Ni-legierten, säurebeständigen Stahlgußgüten werden i. allg. dort verwendet, wo neben hohen Anforderungen an die Säurebeständigkeit besonders gute Werte für die Verformungsfähigkeit verlangt werden. Ein großes Gebiet für die Anwendung dieser Stahlgußgüten bilden u. a. diejenigen Industriezweige, bei denen Angriffe durch Schwefelsäure vorkommen, sofern die Konzentration gering oder sehr hoch ist.

d) Die Bestrebungen, Nickel in den säurebeständigen Stählen durch Mangan zu ersetzen, besonders im Hinblick auf die erreichbaren guten Verformungseigenschaften, hat zur Entwicklung der in Abb. 5 angeführten Chrom-Mangan-Stähle geführt.



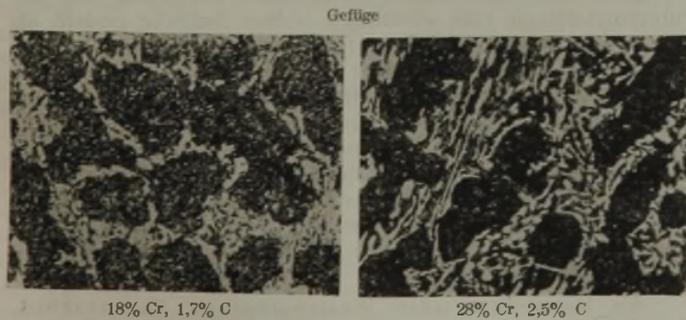
Lfd. Nr.	Chemische Zusammensetzung			Festigkeitseigenschaften			
	C %	Mn %	Cr %	Zugfestigkeit kg/mm ²	Fließgrenze kg/mm ²	Dehnung l = 5d %	Kerbzähigkeit mkg/cm ²
1	0,20	8,00	18,0	60—75	mind. 40	mind. 30	3
2	0,20	16,00 bis 18,00	10,0 bis 14,0	60—75	mind. 35	mind. 35	12—20

Abb. 5. Hochlegierte Chrom-Mangan-Stahlgußgüten.

Der Mn-Zusatz bewirkt dabei allerdings nur eine Verbesserung der Festigkeitseigenschaften, insbes. eine Erhöhung der Dehnbarkeit und Kerbschlagzähigkeit, während die Korrosionsbeständigkeit etwa derjenigen der gleichen Stähle mit entsprechendem Cr-Gehalt ohne Mn-Zusatz entspricht. Das Gefüge ist austenitisch bzw. ferritisch-austenitisch. Hervorzuheben ist bei Stahlguß 2 ein geringer Abfall der Kerbschlagzähigkeit bei tiefen Temperaturen bis zu -180° , wodurch diese Legierung für die Verwendung bei verschiedenen Prozessen in der chemischen Industrie besonders geeignet ist.

2. Korrosionsbeständige Stahlgußgüten hoher Verschleißfestigkeit.

Für Verwendungsgebiete, bei denen neben Korrosionsbeständigkeit besonders hohe Verschleißfestigkeit gefordert wird, die in manchen Fällen auch in der Wärme bei hohen Temperaturen noch vorhanden sein muß, ist eine Gruppe Cr-legierter Gußwerkstoffe in Gebrauch (Abb. 6), deren Zu-



Lfd. Nr.	Chemische Zusammensetzung			Festigkeitseigenschaften			
	C %	Cr %	Mo %	Brinellhärte	Zugfestigkeit kg/mm ²	Biegefestigkeit kg/mm ²	Durchbiegung mm
1	1,5	23,0	2,0	250—400	~60	~70	~8
2	1,5	23,0	2,0	380—430	~70	~80	~7
3	1,7	18,0	—	300—350	~60	~70	~8
4	2,5 bis 2,7	18,0 bis 24,0	—	350—450	~60	~70	~7
5	2,5	28,0	—	320—380	~45	~60	~6

Abb. 6. Chromstahlguß mit ledeburitähnlichem Gefüge.

sammensetzung durch höheren Kohlenstoff-Gehalt (zwischen 1,5 und 2,7%) und Chrom-Gehalte zwischen 18 und 28% gekennzeichnet ist. Gegenwärtig werden Versuche durchgeführt, zum Zwecke der Legierungseinsparung auch für diese Gruppe den Cr-Gehalt noch auf 16% und weniger herabzusetzen. Auf Grund des dem Ledeburit ähnlichen Gefüges werden diese Stähle auch als ledeburitische Cr-Stähle bezeichnet. Mit steigenden C- und Cr-Gehalten wird der Anteil der sehr harten und verschleißfesten Chromcarbide erhöht. Auf die Verwendung der Mo- und Co-haltigen Legierungen 1 und 2 kann aber meistens verzichtet werden, da sich Verschleißwiderstand und Warmbrinellhärte durch entsprechende Wahl des Kohlenstoff- und Chrom-Gehaltes auch mit den Mo- und Co-freien Legierungen 3, 4 und 5 erzielen lassen. Ein sehr wichtiges Anwendungsgebiet für die Stahlgußgüte 3 sind Teile, die im Betrieb auf anderen Bauteilen gleiten. Das Zusammenarbeiten zweier rost- und säurebeständiger Stähle bildet bekanntlich ein besonderes Problem. Die Chrom-Stahlgußwerkstoffe mit ledeburit-ähnlichem Gefüge weisen günstige Laufeigenschaften auf. Bei Hochdruckkreiselpumpen z. B. hat sich die Verwendung der Stahlgußgüte 3 für Entlastungsscheiben in Verbindung mit einem 13%igen Cr-Stahlguß höheren Kohlenstoff-Gehaltes für Entlastungsscheiben bewährt. Auch für Laufbüchsen und andere aufeinandergleitende Teile wird diese Gruppe verwendet. Bei besonders hohen Verschleißbeanspruchungen neben chemischer Einwirkung kommt der härtere Werkstoff Nr. 4 zur Verwendung. Insbes. werden gegossene Warmarbeitswerkzeuge und andere Teile, bei denen es auf hohe Verschleißfestigkeit, Warmbeständigkeit und gleichzeitigen Widerstand gegen Oxydation ankommt, aus diesen Werkstoffen hergestellt.

Beispiele dünnwandiger Ausführung von Edelstahlgußstücken im Pumpen-, Armaturen- und Apparatebau.

Während sich aus der vorstehenden Übersicht bereits die Möglichkeiten einer Werkstoff- und Legierungseinsparung durch

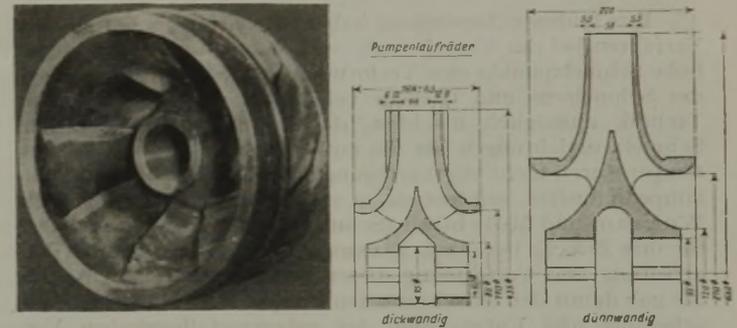


Abb. 7. Dünnwandiger Stahlguß im Pumpenbau.

zweckentsprechende Wahl der Stahlgußgüten ergeben, können durch Anwendung dünnwandiger Konstruktionen in hochlegiertem Edelstahlguß noch weitere wesentliche Ersparnisse erzielt werden. In Abb. 7

ist ein Beispiel der Verwendung dünnwandigen Stahlgusses im Pumpenbau wiedergegeben; hier sind eine dickwandige und eine dünnwandige Ausführung gegenübergestellt. Während das eine Laufrad bei einem Durchmesser von 435 mm Wandstärken von 12 mm und Schaufeln von 11 mm Dicke aufweist, sind im Gegensatz hierzu bei einem anderen Laufrad von noch größerem Durchmesser (650 mm) die einzelnen Wandstärken 5,5 mm und die Schaufeln nur 5 mm stark.

Das in der gleichen Abbildung wiedergegebene Gußstück eines anderen dünnwandigen

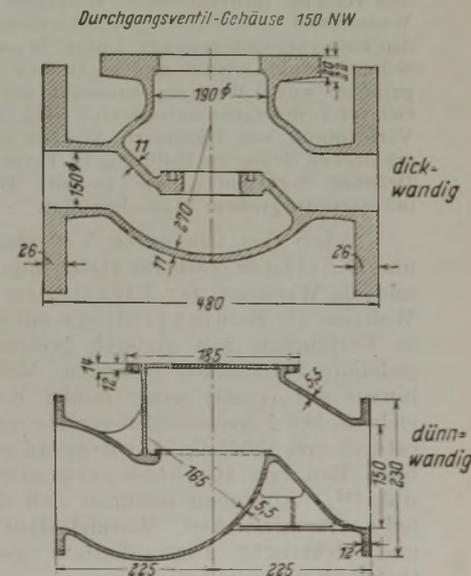


Abb. 8. Dünnwandiger Stahlguß im Armaturenbau.

Laufräder hat ebenfalls Wandstärken von nur 5 mm. Abb. 8 gibt ein Beispiel aus dem Armaturenbau wieder, u. zw. zwei Ausführungen eines Durchgangsventilgehäuses für 150 mm lichte Weite. Die eine Konstruktion hat bei einer Baulänge von 480 mm Wandstärken von 11 mm, an den Flanschen von 23 mm. Die heute verwendete dünnwandige Konstruktion weist bei einer Baulänge von 450 mm Wandstärken von nur 5,5 mm, an den Flanschen von 12 mm auf. Die Wandstärken dieser Ausführung sind demnach um die Hälfte vermindert.



Pumpenlaufräder und Flügelräder, 14%iger Cr-Stahlguß und hochverschleißfester 30%iger Cr-Stahlguß, Leitrad 30%iger Cr-Stahlguß, Gehäusesteckel 18%iger Cr-Stahlguß, Wellenschutzbüchse, leleburit-ärter Chromstahlguß mit 18% Cr



Zusammengebautes Ventilgehäuse, 30%iger Cr-Stahlguß, Hochdruckverteilertosen und Pumpenlaufräder, 14%iger Cr-Stahlguß (Schnitt), Venturikor, 14%iger Chromstahlguß

Eine Zusammenstellung ver-

schiedener Gußteile mitunter sehr verwickelter Form in korrosionsbeständigem Edelstahlguß, in zum Teil sehr dünnwandiger Ausführung, gibt Abb. 9.

Von Bedeutung sind auch die Werkstoff- und Legierungseinsparungen, die durch Verwendung von dünnwandigem Edelstahlguß schon dadurch gegeben sind, daß im Gegensatz zu der z. B. durch Schmieden erzielbaren Formgebung eine wesentliche Verspannungsarbeit wegfällt. So werden vielfach, insbes. für hochbeanspruchte Zwecke, Ventilgehäuse und andere Teile als Schmiedestücke hergestellt; die endgültige Formgebung wird hernach durch komplizierte Bearbeitungs- und Formgebung erzielt. Dies geschieht besonders in dem Fall, wo die Beanspruchungen sehr hoch sind. Hier besteht vielfach die Auffassung, daß Stahlguß infolge nicht fehlerfreier Schaffenheit hohen Beanspruchungen nicht gewachsen sei. Dies trifft nicht zu. Der Stahlguß, insbes. dünnwandiger Stahlguß, wird heute bereits in vielen Gebieten für höchstbeanspruchte Maschinen mit Erfolg verwendet und hat sich hierbei hervorragend bewährt.

Durch ständige Verbesserung und Vervollkommenung der Einform- und Gießtechnik, durch die Fortschritte auf dem Gebiete der Stahlerzeugung, insbes. die Entwicklung elektrischer Schmelzöfen, durch die praktische und wissenschaftliche Untersuchung der Formstoffe, ein Gebiet, das bereits eine Spezialwissenschaft darstellt, beherrscht man heute die Herstellung fehlerfreier Stahlgußstücke sicher und erzielt durch Anwendung der Legierungstechnik und Warmbehandlung Eigenschaften, die denen geschmiedeter und gewalzter Stähle gleichkommen.

Einjag. 20. Mai 1942. [2.]

Die Pulvermetallurgie, ihre Grundlagen und Anwendungen

(Schluß von S. 93)

Von Dr.-Ing. HANS BERNSTORFF, Deutsche Pulvermetallurg. Gesellschaft, Frankfurt a. M.

Praktische Anwendungen der Pulvermetallurgie¹⁴⁾.

1. Hochschmelzende Metalle.

Ihre früheste Anwendung haben die pulvermetallurgischen Verfahren bei der Verarbeitung von Metallen gefunden, deren hohe Schmelzpunkte eine Verformung auf dem normalen Wege des Schmelzens und Gießens bei dem damaligen Stand der Technik unmöglich machten, da entsprechende Öfen und Schmelzvorrichtungen für die außerordentlich hohen Arbeitstemperaturen nicht zur Verfügung standen. So war die Glühlampenindustrie, seitdem sie in steigendem Maße die Metalle Wolfram und Molybdän (Schmelzpunkte 3370° bzw. 2500°) für ihre Zwecke heranzog, gezwungen, neue Wege für die Verarbeitung und Verformung dieser Materialien zu beschreiten. Sie gab damit den entscheidenden Anstoß zur technischen Ausarbeitung und Entwicklung der pulvermetallurgischen Verfahren. Die Verarbeitung hochschmelzender Metalle stellt auch heute noch eine der charakteristischsten Anwendungen der Pulvermetallurgie dar.

Die Herstellung der Metallpulver erfolgt durch Reduktion von reinem, feinverteiltem Wolfram- bzw. Molybdänoxid mit Wasserstoff. Die Pulver werden sodann zu Stäben gepreßt, durch direkten Stromdurchgang unter Wasserstoff bis nahe an den Schmelzpunkt erhitzt und so in den kompakten Zustand übergeführt, wozu Wolfram zunächst noch einer Vorsinterung bei tieferer Temperatur unterworfen wird. Durch weitere mechanische Verformung, wie Hämmern, Walzen oder Ziehen, werden die so erhaltenen Stäbe zu Halbzeug in Form von Stäben, Blechen oder Drähten verarbeitet, wie sie die Glühlampen- und Röhrenindustrie in großem Maße benötigt.

Neben den bekannten Verwendungszwecken als Glühlampen- und Heizfäden sowie für Halterungen in Lampen und Röhren und als Werkstoff für Elektroden und Röhrengitter hat Wolfram als Kontaktauflage entweder für sich allein oder in Verbindung mit anderen geeigneten Metallen eine ausgedehnte Verbreitung gefunden. Molybdän hat sich darüber hinaus auf Grund seiner hohen Warmfestigkeit und seiner elektrischen Eigenschaften für Heizelemente bis zu Temperaturen von 1700° als hervorragend geeignet erwiesen und sich beim Bau von Hochtemperaturöfen außerordentlich bewährt¹⁵⁾. Allgemein zeichnen sich die beiden Metalle durch hohe Warmfestigkeit, Warmelastizität und gute thermische und elektrische Eigenschaften sowie günstiges vakuumtechnisches Verhalten aus.

Auch andere hochschmelzende Metalle, wie Tantal, Titan, Zirkon und Thorium mit Schmelzpunkten von 2030°, ~1800° 1860° und 1842°, lassen sich vorteilhaft pulvermetallurgisch verarbeiten. Die Herstellung der Pulver erfolgt bei diesen Metallen nicht über die infolge der großen Affinität zum Sauerstoff sehr stabilen Oxyde, sondern durch Umsetzung der Oxyde oder Fluoride mit Alkali- oder Erdalkalimetallen im Schmelzfluß. Die hohe Empfindlichkeit der Metallpulver gegen Gase erfordert besondere Maßnahmen bei der Sinterung, die vor allem bei Tantal und Zirkon nur im Vakuum erfolgen kann. Tantal wird auf Grund seiner chemischen Beständigkeit im chemischen Apparatebau im wesentlichen für solche Teile verwendet, die starken Angriffen durch Säuren ausgesetzt sind. Titan, Zirkon und Thorium sind bis jetzt nur als Baustoffe für Spezial-Elektroden oder als Gettermetalle, daneben auch in beschränktem Maße als Legierungsbestandteile herangezogen worden.

2. Hartmetalle¹⁶⁻²⁰⁾.

Bei der Erzeugung der Hartmetalle, die gesinterte Legierungen aus einer Carbidgekomponente großer Härte und Festigkeit und einem zähem Bindemetall darstellen, war der Pulvermetallurgie eine wesentlich andere Aufgabe gestellt als bei der oben beschriebenen Verformung der hochschmelzenden Metalle. Es handelte sich hier darum, aus den beiden nach ihren mechanischen Eigenschaften grundlegend verschiedenen Komponenten Werkstoffe aufzubauen, in denen diese nicht nur möglichst gleichmäßig und zweckentsprechend verteilt sein, sondern auch in ihren charakteristischen Eigenschaften, also einerseits der Härte, andererseits der Zähigkeit, im Endprodukt erhalten bleiben müssen. Diese Aufgabe ließ sich nur mit Hilfe pulvermetallurgischer Arbeitsverfahren befriedigend lösen.

Als Hartstoffe werden Wolframcarbid, Titancarbid, Molybdäncarbid und Tantalcarbid, als Bindemetalle Kobalt und Nickel oder deren Legierungen verwendet. Das Gemenge der verschiedenen fein gepulverten Ausgangsmaterialien wird zunächst innig vermischt, sodann in Formen verpreßt und bei so niedrigen Temperaturen vorgesintert, daß bereits eine gewisse Verfestigung eintritt, aber eine Formgebung, vorwiegend durch Schleifen, noch möglich ist. Danach erfolgt die Fertigsinterung bei Temperaturen bis 1500°.

¹⁴⁾ K. Becker: Hochschmelzende Hartstoffe und ihre technische Anwendung. (Verlag Chemie, Berlin 1937.)

¹⁵⁾ O. Meyer u. W. Eilender, Arch. Eisenhüttenwes. 11, 545 [1938].

¹⁶⁾ W. Mochu, Patentzusammenstellung, Kolloid-Z. 88, 378 [1933].

¹⁷⁾ F. Skappu, Metallwirtsch., Metallwiss., Metalltechn. 20, 537 [1941].

¹⁸⁾ W. Dawahl, Forsch. u. Fortsch. 17, 17 [1941].

¹⁹⁾ P. Rolljinke, Z. Ver. dtsh. Ing. 84, 953 [1940].

²⁰⁾ R. Kieffer u. F. Krall, VDE-Fachberichte 11, 107 [1939].

Die Bedeutung der Hartmetalle für die Technik der spanabhebenden Bearbeitung ist zu bekannt, als daß an dieser Stelle näher darauf eingegangen werden müßte. Ihre Verwendung hat zu außerordentlichen Steigerungen von Schnittgeschwindigkeit und Schneidleistung unter Verbesserung der Beschaffenheit der bearbeiteten Oberfläche geführt. Darüber hinaus läßt die Anwendung der Hartmetalle in Form von Auflagen gegenüber den Schnellstählen und Stellite eine erhebliche Einsparung an wertvollen Metallen zu.

Erst die Hartmetalle haben die spanabhebende Bearbeitung zahlreicher harter, auch nichtmetallischer Werkstoffe, wie Steinzeug, Glas, Porzellan, Kunststoff, überhaupt möglich gemacht. Auch für die spanlose Verformung, z. B. für Ziehsteine oder als Auskleidung und Auflage von mechanisch hoch beanspruchten Maschinenteilen und Werkzeugen, hat sich ihnen ein weites Anwendungsgebiet erschlossen.

3. Verbundmetalle²¹⁾.

Da es mit Hilfe der Pulvermetallurgie möglich ist, ähnlich wie bei den Hartmetallen, auch aus solchen Metallsystemen, die nicht legierbar sind oder im flüssigen oder festen Zustand Mischungslücken aufweisen und sich gegebenenfalls zudem in ihren spezifischen Gewichten erheblich unterscheiden, Körper aufzubauen und in kompakter Form herzustellen, in denen die Komponenten völlig gleichmäßig und homogen, unter Erhaltung ihrer spezifischen Eigenschaften, verteilt sind, hat sich der Technik in den sog. Verbundmetallen Werkstoffe zur Verfügung gestellt, die sich in dieser Form auf dem Wege der Schmelzmetallurgie überhaupt nicht erzeugen lassen. Dabei beschränkt sich diese Arbeitsrichtung der Pulvermetallurgie keineswegs auf die Vereinigung metallischer Komponenten; auch Verbundkörper von Metallen und Nichtmetallen, insbes. Graphit, können nur auf diese Weise hergestellt werden.

Die ältesten Vertreter dieser Stoffklasse sind die Kupfer- oder Bronzekohlen, die durch Mischen von Kupfer-Pulver mit bis zu 20% Graphit als Preßkörper hergestellt und dann durch Erhitzen bis in die Nähe des Kupfer-Schmelzpunktes oder darüber gesintert werden. Zur Härtung können dem Kupfer Zinn, Zink und Blei zulegiert werden, wobei in diesem Falle die tiefschmelzenden Legierungsphasen bei der Sinterung als Bindemittel dienen. Diese Metallkohlen verbinden die Schmier- und Gleiteigenschaften des Graphits mit der hohen elektrischen Leitfähigkeit des Kupfers und dienen als Stromabnehmer jeder Art, vor allem als Dynamo- und Motorenbürsten. Ihr Gefüge weist eine gleichmäßige Verteilung von Graphit-Teilchen in metallischer Grundmasse auf.

Zu den Verbundmetallen gehört auch die große Gruppe der Kontaktstoffe in engerem Sinne, die ebenfalls vorwiegend aus nicht legierbaren Metallkomponenten zusammengesetzt sind, deren Schmelzpunkte überdies oft weit auseinander liegen. Es sind dies vor allem die Kupfer-Wolfram-, Silber-Wolfram- bzw. Molybdän-Kontakte, bei denen wiederum die Verbindung der hohen Verschleißfestigkeit und Härte, des geringen Abbrandes und der geringen Neigung zum Kleben oder Verschweißen, wie sie Wolfram und Molybdän eigen sind, mit der guten elektrischen und thermischen Leitfähigkeit und der chemischen Beständigkeit des Silbers oder Kupfers den Wert des Werkstoffes für Kontaktzwecke ausmacht. Für die Herstellung dieser Kontaktmaterialien sind mehrere Verfahren ausgearbeitet, so das Pressen und Sintern des Metallpulvergemisches, Einsaugen der tiefer schmelzenden Metalle in Wolfram- oder Molybdän-Pulver oder Tränken von vorgesinterten Wolfram- oder Molybdän-Gerüsten mit Kupfer oder Silber. Diese Baustoffe finden eine weitgehende Anwendung in Schaltgeräten für Hoch- und Niederspannung und in Spannungsreglern. Weiche Kontaktwerkstoffe werden aus Silber-Nickel, Silber-Eisen, Silber-Graphit und auch Gold-Graphit durch Sintern entsprechender Pulvergemische in Form von Stäben oder Platten erzeugt und spanlos durch Walzen oder Strangpressen weiterverarbeitet. Sie werden vor allem zur Herstellung von Kontaktnieten oder Auflagen für Schaltelemente verwendet.

Verbundmetalle lassen sich auch herstellen aus Eisen-Blei, Kupfer-Blei oder Aluminium-Blei, wobei die Schwierigkeiten, die der homogenen Einmischung des Bleis auf Grund seiner hohen Dichte entgegenstehen, durch besondere Maßnahmen überwunden werden können. Diese Stoffe zeichnen sich vor allem durch hervorragende Gleiteigenschaften aus. Das kompakte Eisen-Blei-Material kann bis zu einem gewissen Grade als Austauschwerkstoff für Kupfer

dienen, behält aber seinen Charakter als Eisen-Metall so weit, daß es sich auch im Einsatz härten läßt.

Während bei den bisher aufgeführten Verbundmetallen die Vereinigung der heterogenen Komponenten zu einer „Pseudo-Legierung“ erst im fertigen Körper erfolgt, lassen sich auch durch gewisse Verfahren, z. B. das Zerstäuben von Metallschmelzen, Pulver erzeugen, bei denen jedes einzelne Korn die sonst im festen Zustand nicht mischbaren Ausgangsmaterialien in einer Art festen Emulsion enthält. Das Schliffbild eines so hergestellten Kupfer-Blei-Pulvers mit 40% Pb zeigt Abb. 10,

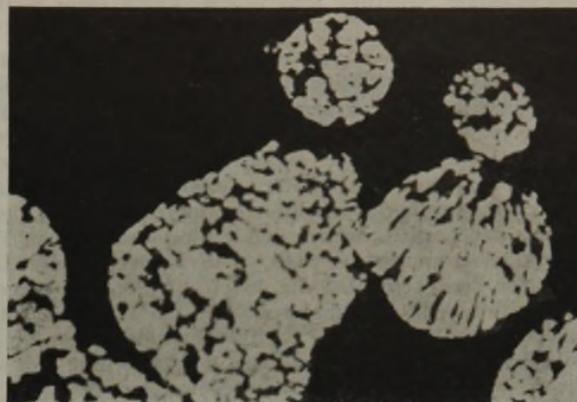


Abb. 10. Kupfer-Blei-Komplexpulver mit 40% Pb.
v = 600

die die Verteilung der Blei-Einschlüsse in der Kupfer-Grundmasse deutlich erkennen läßt. Ohne ternäre Zusätze sind die beiden Komponenten in flüssigem Zustand nur in beschränktem Maße, in festem Zustand überhaupt nicht mischbar. Aus solchen, auch „Komplexpulver“ genannten Materialien hergestellte Sinterkörper enthalten die Komponenten in besonders günstiger Verteilung. Diese feine Verteilung ermöglicht eine Sinterbehandlung der Preßlinge bei weit über dem Schmelzpunkt des Bleis liegenden Temperaturen, ohne daß Saigerung oder Ausschwitzen des Bleis erfolgt.

4. Magnete und Massekerne²²⁻²⁴⁾.

Neuerdings werden pulvermetallurgische Verfahren auch bei der Verarbeitung von Magnetlegierungen herangezogen und sind besonders für die Herstellung von Eisen-Nickel-Aluminium-Dauermagneten mit Vorteil verwendbar. Solche Magnete lassen sich in kleinen Abmessungen gießtechnisch schwer herstellen, da sie leicht porös und außerdem grobkörnig anfallen und eine nachträgliche Verformung nicht spanabhebend, sondern höchstens durch Schleifen in beschränktem Maße möglich ist. Die Pulvermetallurgie erlaubt nun die Anfertigung solcher kleinen und kleinsten Magnete, deren Gefügeausbildung weit feinkörniger ist als die der Gußmagnete, so daß Werkstoffe entstehen, die in gewissen Grenzen auch spanabhebend bearbeitet werden können und darüber hinaus befriedigende magnetische und mechanische Eigenschaften aufweisen. Für Remanenz und Koerzitivkraft von solchen gesinterten Aluminium-Nickel-Eisen-Magneten werden Werte erhalten, die denen der Gußlegierung zum mindesten gleichkommen. Die Entwicklung dieser gesinterten Magnetwerkstoffe ist gleichzeitig ein Beispiel dafür, daß auch Metalle und Legierungen, die wie Aluminium eine hohe Affinität zum Sauerstoff besitzen und daher normalerweise durch Oxydbildung einer Verfestigung durch Sintern Schwierigkeiten entgegenzusetzen, durch besondere Maßnahmen der Verarbeitung auf pulvermetallurgischem Wege zugänglich gemacht werden können.

Wachsende Anwendung finden Eisen- oder Eisen-Nickel-Pulver, wie sie die Pulvermetallurgie in großer Reinheit zu liefern in der Lage ist — gegebenenfalls mit Zusätzen von Aluminium oder Kobalt — als Material für Massekerne, in denen die Metallpulver mit organischen Isolierstoffen unter Vermeidung von Nachbearbeitung auf die endgültige Form verpreßt und durch die organische Komponente verbunden werden. Solche Massekerne werden benutzt in der Elektro- und Radio-Industrie, z. B. für Drosselspulen, Kleintransformatoren, in Lautsprechersystemen oder in Widerständen mit besonderer induktiver Wirkung.

²¹⁾ H. Dehler, Elektrotechn. Z. 62, 601 [1941].

²²⁾ G. Ritzau, Wiss. Veröff. Siemens-Konzerns 37/43, Werkstattsonderheft 1940.

²⁴⁾ W. Hotop, Stahl u. Eisen 61, 1105 [1941].

5. Lager und poröse Körper²⁸⁻²⁹⁾

Durch geeignete Wahl von Korngröße, Preßdruck und Sinterbedingungen gelingt es, Werkstoffe weitgehend definierter Porosität herzustellen, die, abgesehen von speziellen Zwecken, wie z. B. alkalibeständige Filter, vor allem als Lager Verwendung finden. Der Vorteil dieser Werkstoffe liegt darin, daß die Poren mit Öl oder anderen Schmiermitteln getränkt werden können und diese auf Grund der Capillarkräfte festhalten. Diese selbstschmierenden Lager (oft fälschlicherweise auch als „öllose“ bezeichnet) bedürfen daher keiner oder nur beschränkter Wartung und i. allg. kaum einer weiteren Ölzufuhr.

Die Belastbarkeit von porösen Bronzelagern ist bei geringen Gleitgeschwindigkeiten höher als die der massiven gegossenen Stücke, nimmt aber mit steigender Gleitgeschwindigkeit rasch ab. Demgemäß liegt die Einsatzmöglichkeit der gesinterten Lager vorwiegend im Gebiet geringer Gleitgeschwindigkeiten, in dem bei massiven Werkstoffen schmiertechnische Mängel auftreten, die durch das gesinterte Material infolge der Ölversorgung der Lauffläche aus den zahlreichen kleinen Poren weitgehend überwunden werden. Die Belastung der Lager darf nicht so hoch sein, daß die durch die Poren naturgemäß merklich herabgesetzte mechanische Festigkeit des Werkstoffes überschritten wird. Für hohe Gleitgeschwindigkeiten kommen Sinterlager nur bei kleinen Drucken zur Anwendung, vor allem in schwer zugänglichen Maschinenteilen oder dort, wo eine zusätzliche Ölung nicht möglich oder nicht dauernd gewährleistet ist.

Da die erfolgreiche Verwendung und die Betriebssicherheit der gesinterten Lager durch den Zustand der Poren bedingt sind, müssen, falls es nicht möglich ist, auf Fertigmaß zu pressen und zu sintern, Nachbearbeitung und Nachkalibrierung so vorgenommen werden, daß ein Zuschmieren der Poren vermieden wird. Das Bearbeiten der inneren Lauffläche soll nur mit Diamant oder Hartmetallwerkzeugen erfolgen.

Während poröse Lager zunächst hauptsächlich aus Bronze durch Pressen und Sintern von Gemischen aus Kupfer- und Zinn-Pulver, meist mit Zusatz von Graphit, hergestellt wurden, treten seit einiger Zeit an ihre Stelle Lager auf Eisen-Basis. Unter Berücksichtigung der bereits im Abschnitt „Verbundmetalle“ dargelegten Gesichtspunkte gelingt es, auf dem Sinterwege nicht legierbare Zusätze zur Verbesserung der Gleit- und Notlaufeigenschaften, wie Blei oder Graphit, in willkürlicher Menge und gleichmäßiger Verteilung einzuführen. Diese Verbundwerkstoffe, wie Eisen-Blei, Eisen-Graphit oder Aluminium-Blei, eignen sich nicht nur zur Verwendung in Lagern, sondern auch als Material für gleitend beanspruchte Dichtungen oder Stopfbüchsenpackungen im Austausch für reines Blei oder Kupfer. Sie bilden auch die Grundlage der massiven Sinterlager, die unter weitgehender Vermeidung jeglicher Porosität gegenüber gegossenen Volllagern den Vorteil besserer Gleiteigenschaften durch den Zusatz von Blei oder Graphit oder beiden aufweisen.

Grundsätzlich gilt für die Verwendung gesintertter Lager, daß der Konstrukteur die Abmessungen und Beanspruchungen dem Werkstoff anpassen muß, da ein einfacher Austausch des Sintermaterials gegen das bisher verwendete gegossene Vollmaterial unter unveränderten Bedingungen nicht immer möglich ist und leicht zu Mißerfolgen führt.

6. Weitere Entwicklungsmöglichkeiten der Pulvermetallurgie und ihre Grenzen

Während die oben behandelten Arbeitsgebiete die Verwendung pulvermetallurgischer Verfahren aus rein technischen Gründen mehr oder weniger zwangsläufig erforderten, weil der normale Weg des Gießens oder Schmelzens entweder nicht gangbar war oder aber nicht zu Werkstoffen mit den gewünschten spezifischen Eigenschaften führen konnte, beginnt die Pulvermetallurgie neuerdings auch in jene Gebiete der Metallverarbeitung einzudringen, die bisher ausschließlich der normalen Gießtechnik vorbehalten waren. Diese Entwicklung ist nicht nur durch rein technische, als vielmehr auch durch wirtschaftliche Gesichtspunkte bestimmt.

Bei der Erzeugung von Produkten, bei denen der aus dem Pulver hergestellte Preßling bereits Form und Abmessung des fertigen Werkstückes hat, fällt nicht nur der bei der Gießverformung unumgängliche überflüssige Materialverbrauch durch Anbringung von Steigen oder verlorene Köpfe, sondern auch naturgemäß jede Art der spanabhebenden Nachbearbeitung weg. Die Nachbehandlung des gesinterten Werkstückes kann sich lediglich auf eine Verbesserung der Oberfläche, z. B. durch Entgraten, Polieren usw., beschränken. Das bedeutet eine wesentliche Ersparnis nicht nur an Arbeitskräften und Bearbeitungsmaschinen, sondern bei wertvollen Rohstoffen auch an Material, da Abfälle praktisch nicht entstehen. Solche Überlegungen gelten besonders für Werkstücke, deren Formgebung so geartet ist, daß ein Herausarbeiten aus einem Guß- oder Schmiedestück durch Drehen und insbes. durch Fräsen nur mit erheblichem Aufwand an Arbeitszeit auf wertvollen Werkzeugmaschinen möglich ist. Gerade in solchen Fällen läßt sich bei der pulvermetallurgischen Erzeugung von kleinen Werkstücken durch den Einsatz automatischer Pressen mit hoher Preßgeschwindigkeit eine erhebliche stückmäßige Mehrleistung bei gleichzeitiger bedeutender Ersparnis von Arbeitskräften und Bearbeitungsmaschinen erreichen. Hinzu kommt, daß die Preßtechnik neuerdings mit Erfolg Wege zu beschreiten versucht, die es ermöglichen, trotz der geringen Plastizität und Fließfähigkeit der Metallpulver bis zu einem gewissen Grad auch Körper mit komplizierterer Formgebung, mit gleichmäßiger Dichte und Festigkeit zu pressen.

Die wesentlichste Voraussetzung für eine Massenfertigung solcher Werkstücke auf Eisen-Basis ist die unbedingte Gleichmäßigkeit der Produkte in bezug auf Maßhaltigkeit und mechanische Eigenschaften. Diese Forderung macht eine sorgfältige Auswahl des Pulvertyps sowie der Preß- und Sinterbedingungen notwendig und stellt an die Reproduzierbarkeit der verarbeiteten Pulver in bezug auf Kornform, Korngrößenverteilung und Reinheit hohe Anforderungen. Die Maßhaltigkeit des fertigen Körpers hängt im wesentlichen vom Schwindverhalten des Pulvers ab, d. h. von der bei der Wärmebehandlung eintretenden Volumenverminderung. Diese kann, sofern sie die Maßtoleranzen übersteigt, durch entsprechende Zugaben in der Preßform ausgeglichen werden. Durch nachträgliche Kalibrierung bei nochmaligem Pressen nach dem Sintern lassen sich auch besonders hohe Anforderungen an die Maßgenauigkeit erfüllen. Wird diese Nachverdichtung in der Hitze vorgenommen, so werden dabei gleichzeitig Dichte, Festigkeit und Dehnung beträchtlich gesteigert, die dann die entsprechenden Werte gegossener oder geschmiedeter Körper erreichen können.

Läßt sich eine Nachverdichtung aus technischen Gründen nicht durchführen, so bleibt das gepreßte und gesinterte Werkstück in seiner Festigkeit und Dehnung i. allg. hinter den Eigenschaften des massiven Materials mehr oder weniger zurück, gleichgültig, ob es sich um Sinterkörper aus reinem Eisen oder um solche mit Stahlcharakter handelt. Trotzdem gibt es zahlreiche Anwendungen, bei denen auch eine gewisse Verminderung der i. allg. für die vorliegende Beanspruchung viel zu hoch geforderten mechanischen Eigenschaften aus fertigungstechnischen Gründen nicht nur gen in Kauf genommen wird, sondern sogar eine Verbesserung bedeutet. Ziel dieser Entwicklung bleibt jedoch immer, die Eigenschaften des massiven Materials möglichst weitgehend auch im Sinterkörper zu erreichen.

Eine gewisse Beschränkung für die Durchführung der pulvermetallurgischen Verarbeitungstechnik liegt zurzeit noch in den Größenverhältnissen der zu pressenden Werkstücke. Großflächige Körper erfordern bei den ohnehin zur Erzielung genügender Festigkeit notwendigen hohen spezifischen Preßdrücken auch hohe Gesamtpreßdrucke, für die entsprechend leistungsfähige Pressen und Werkstoffe für den Formenbau nicht ohne weiteres zur Verfügung stehen. Gerade infolge der erforderlichen hohen Preßdrucke gewinnt bei Erzeugung großer Stückzahlen der Verschleiß des Preßwerkzeuges eine erhebliche Bedeutung in bezug auf die Wirtschaftlichkeit des ganzen Verfahrens. Auch die Höhe der Preßkörper ist in der Preßrichtung dadurch begrenzt, daß infolge der inneren Reibung im Pulver bei hohen Preßteilen der auf die Stirnfläche von den Preßstempeln übertragene Preßdruck nach der Mitte zu stark absinkt und so Körper entstehen, die in Festigkeit und Dichte inhomogen sind.

²⁸⁾ R. Kühnel: Werkstoffe für Gleitlager. Verlag Springer (Berlin 1930, S. 408).

²⁹⁾ W. Machu, Patentsammenstellung, Kolloid-Z. 88, 251 [1939].

³⁰⁾ M. Kochler, DEMAG-Nachrichten 1940 (14) B. 29.

³¹⁾ O. Hummel, Lager aus gesinterten Metallen. Metallwirtsch., Metallwiss., Metalltechn. 19, 379 [1940].

³²⁾ E. Rohde, Sintermetall-Gleitlager, Z. Ver. dtsch. Ing. 85, 834 [1941].

In der Überwindung dieser Schwierigkeiten und Grenzen bietet sich für den Bau stärkerer, leistungsfähigerer Präutomaten und für die Entwicklung und Erprobung verschleißfester, hochbelastbarer Werkstoffe für den Formenbau ein weites, dankbares Arbeitsfeld.

Die Weiterentwicklung und technische Durchbildung des Heißpressens, sei es in Form des Drucksinterverfahrens oder des Heißnachpressens, wird in mancher Beziehung eine fühlbare Entlastung bringen, besonders im Hinblick darauf, daß diese Verfahren wesentlich geringere Preßdrücke benötigen als das Kaltpressen und sich auf diese Weise die Verwirklichung eines Sinterwerkstoffes mit den Eigenschaften des massiven Materials wesentlich leichter gestaltet.

Abgesehen von diesen Zukunftsaufgaben, deren Lösung noch eine intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit erfordern wird, gewinnt jedoch die Pulvermetallurgie bereits bei ihrem heutigen technischen Stand nicht nur auf ihren ur-eigensten Anwendungsgebieten, sondern auch bei der Herstellung von Werkstücken aller Art mit kleineren Abmessungen für die Ablösung der wirtschaftlich sowie rohstoff- und energie-mäßig ungünstigeren Formgebungsverfahren und für den Austausch von Sparmetallen eine große Bedeutung. Gerade im Hinblick auf die für die derzeitige und zukünftige Entwicklung von Industrie und Wirtschaft maßgebenden Gesichtspunkte wird die Pulvermetallurgie auch auf diesem ihrem neuesten Arbeitsgebiet berufen sein, wertvolle Fortschritte zu bringen.

Beleg. 1. Oktober 1942, [45.]

BERICHTE AUS DER CHEMISCHEN TECHNIK

UMSCHAU

Korrosionserscheinungen in Sole-Kühlanlagen¹⁾. Zunächst wird eine Übersicht über die Erscheinungen und Theorie der Korrosion besonders im Hinblick auf die Kältetechnik gegeben. Dann werden die Werkstoffe für Kühlanlagen und die Anforderungen an die Kühlsolen besprochen. Für die sachgemäße Verwendung beider ist es wichtig, daß sie auf einander abgestimmt werden. Die Einstellung der einen Sole auf einen günstigen p_H -Wert verbürgt nicht in ähnlichen Fällen eine Hemmung der Korrosion. Es kommt vielmehr auf die Bestandteile der Sole, auf den Zusatz, der zur Einstellung des p_H verwendet wird, und auf das Metall an. So ist z. B. bei Kochsalzsolen das p_H 8,5 bis 9 günstig. Die Einstellung kann mit NaOH oder NH_3 erfolgen. Bei Fe ist der Zusatz gleichgültig, bei Cu aber der NH_3 -Zusatz ungünstig, und Zu wird durch alkalische Sole immer angegriffen. Sole aus NaCl, $CaCl_2$ vom p_H 11 korrodiert Al. Es gibt aber auch Solen vom gleichen p_H , die nicht angreifen. Interessant waren 3 Korrosionsfälle aus der Praxis. Im ersten waren in einem eisernen Solebehälter ($CaCl_2$ -Lösung) 2 kupferne Trommeln und ein aus Leichtmetallguss bestehender Propellerrührer eingebaut worden, welcher schnell durch elektrochemische Korrosion zerstört wurde. Einbau eines eisernen Rührers behob diese Schwierigkeiten. Im zweiten Falle entstanden durch $CaCl_2$ -Sole starke Korrosionen, weil durch unzureichendes Anbringen des Sole-rücklaufrohres ($\frac{1}{4}$ m über dem Solespiegel) ständig erhebliche Mengen Luft eingeschleppt wurden, außerdem enthielt das $CaCl_2$ geringe Mengen Chlorat und Hypochlorit, wodurch die Korrosion noch weiter gefördert wurde. Richtige Verlegung des Solerücklaufrohres schaffte weitgehend Abhilfe. Im dritten Falle handelte es sich um vagabundierende Ströme aus einer fehlerhaften Lichtleitung, die Anfrassungen an Cu-Rohren und Lötstellen verursachten. Für die Verhütung von Korrosionen werden folgende Richtlinien gegeben:

1. Bei Konstruktion und Montage ist darauf zu achten, daß der Zusammenbau von elektrochemisch verschieden edlen Metallen, der Zutritt von Luft und die Möglichkeit der Entstehung von vagabundierenden Strömen möglichst vermieden werden.
2. Die Sole ist auf das entsprechende Metall abzustimmen. Die Dichte der Sole richtet sich nicht nur nach den thermischen Erfordernissen, sondern soll möglichst hoch sein, weil konzentrierte Lösungen ein geringeres Luftaufnahmevermögen haben als verdünntere. Die Verwendung von Zusätzen ist mit Vorsicht vorzunehmen (z. B. hilft Sulfit-Zusatz häufig nur für kurze Zeit). Sachgemäße Pflege der Sole ist unerlässlich. (24)

Gleichmäßig ausgelaugte kratzerfreie Oberflächenschichten auf keramischen Gegenständen, z. B. Glas²⁾. Dünne Oberflächenschichten auf Glas als Schutz gegen chemischen Angriff kann man bekanntlich dadurch erzeugen, daß man einzelne Bestandteile des Glases auslaugt, z. B. mittels Säuren. Dabei erhält man aber bei polierten Gläsern u. U. auf der Schicht feine Kratzer, die beim Schleifen entstanden sind und beim Polieren offenbar wieder mit einer ziemlich lockeren, vermutlich aus fein zerriebenem Glas bestehenden Paste ausgefüllt wurden. U. U. entsteht auch fleckige Färbung (ungleichmäßig dicke zersetzte Schichten). Diese Schwierigkeiten fallen fort bei einer Ätzlösung, die eine im Verhältnis zu ihrer lösenden Kraft sehr stark flockende Wirkung auf die Lösungsprodukte ausübt, z. B. durch genügend konz. Lösungen schwacher Säuren. Während nämlich starke Säuren die Paste in den Kratzern und dann die Schicht darunter schnell abtragen oder auslaugen, flocken schwache Säuren bald die schwer löslichen Glasbestandteile (Metalloxyde und Silicate) zu einem zusammenhängenden Gel aus (vermutlich Polymerisation), und die Paste wird dadurch so verfestigt, daß sie nicht wesentlich säureundurchlässiger ist als die des auf dem massiven Glas sich bildenden Gels. Es werden um so weniger Kratzer auftreten, je größer das Verhältnis Flockungs- zu Lösungsgeschwindigkeit des Glases ist. Man kann also z. B. durch Neutral-

salze die flockende Kraft erhöhen oder z. B. durch geringere H-Konzentration den Angriff mindern oder gleichmäßig beides zweckmäßig durch Pufferlösungen, deren p_H jeweils so eingestellt wird, daß auf der betreffenden Glassorte in etwa 1 h eine 0,601 mm dicke zersetzte Schicht gebildet wird ($p_H \sim 4$ bis 6,5). Ähnlich wirken Lösungen mit einem H_2O -Gehalt < 90% von Säuren mit oder ohne anorganische oder organische Zusätze, z. B. hochkonzentrierte Mineralsäuren. Den Ätzlösungen können mit Vorteil solche Stoffe zugesetzt werden, die mit Glasbestandteilen schwerlösliche Verbindungen bilden, wie Na_2CrO_4 , Na_2SO_4 , $Na_2Fe(CN)_6$. Die günstigsten Bedingungen schwanken mit der Glassorte. U. U. härtet man am besten zunächst die Paste und ätzt dann mit einer stärkeren Säure zu Ende. Man ätzt zweckmäßig in mehreren Stufen, zunächst mit der Lösung mit der kleinsten Angriffsgeschwindigkeit. Für fleckenempfindliche (leicht angreifbare Gläser) eignet sich vielfach eine Ätzlösung aus 6,0 cm³ H_2SO_4 sek. Citrat + 4,0 cm³ H_2O NaOH ($p_H = 6$). Mitunter empfiehlt sich Zugabe von Natriumsulfat bis zur Sättigung oder von 1 g $K_2Cr_2O_7$ auf 10 cm³ Flüssigkeit, für schwächer angreifbare Gläser kann man 10–50 %ige H_2SO_4 anwenden.

Durch diese Verfahren wird die in die Kratzer gepreßte Paste verfestigt. Um gleichmäßige Schichten zu erhalten, müssen aber auch zu harte, aus der Vorbehandlung des Glases stammende Schichten aufgeweicht werden. Dies geschieht, besonders bei empfindlichen Gläsern, durch Pufferlösungen mit $p_H = 7$ bis 10; an die Quellung schließt sich dann die Behandlung mit saurer Lösung an. Da das Verfahren wesentlich darauf beruht, daß eine stark kieselsäurehaltige Gelschicht erzeugt wird, ist es außer auf Gläser auch auf andere kristallisierte oder nichtglasige, kieselsäurehaltige Stoffe, d. h. keramische Gegenstände, anwendbar. (27)

Mollier-Diagramme für Frigen 12 und für Frigen 13. Um die Berechnung von Anlagen zu ermöglichen, die mit Frigen 12 (CF_2Cl_2) arbeiten, hat M. Fazio dessen Dampf-tafel mit Hilfe thermodynamischer und teilweise empirischer Formeln bis zum kritischen Punkt erweitert und die Zahlen von +55° bis 111,5° zusammengestellt³⁾. Desgleichen ist das Mollier-i, lg p-Diagramm erweitert und umfaßt jetzt den Temperaturbereich von -80° bis +111,5°. Die Dampf-tafel für Frigen 13 (CF_3Cl) wurde bereits 1941 für den Bereich -140° bis zum kritischen Punkt +28,8° aufgestellt; nunmehr wurden die thermischen und calorischen Zustandsgrößen auch für das Gebiet des überhitzten Dampfes berechnet, so daß das Mollier-Diagramm (Temperaturbereich -120° bis +25°) gezeichnet werden konnte. Beide Mollier-Diagramme können in der Größe 80 x 80 cm bzw. 65 x 73 cm vom Kältetechn. Inst. der T. H. Karlsruhe zum Preise von RM. 2.— bezogen werden. (26)

Neue Kennzeichnung von explosions-sicheren Glühlampen. Die Doppelwendel-Lampen für schlagwetter- und explosionsgefährdete Betriebe waren bisher durch ein aufgestempeltes D auf der Kolbenkuppe und durch ein aufgedrucktes D auf der Faltschachtel, in der die Lampe verkauft wird, gekennzeichnet. Dieses Kennzeichen wird in Zukunft ersetzt durch das nach DIN VDE 712 genormte Schaltzeichen für Stromsicherungen, ein liegendes Rechteck mit einem längs durchlaufenden Strich in der Mittellinie. Es befindet sich in dem Stempel auf der Kolbenkuppe unter dem Markennamen und auf der Faltschachtel unter der Angabe der Nennspannung. Die Wahl dieses Kennzeichens lag nahe, weil bei der explosions-sicheren Ausführung der Doppelwendel-Lampen die Stromzuführungen im Sockel als Schutzdrähte ausgebildet sind, die den Stromkreis vor dem Auftreten einer unzulässig hohen Stromstärke unterbrechen, also als Stromsicherungen wirken. Diese Schutzdrähte sind in zwei geschlossenen Glasröhrchen eingeschmolzen und damit explosions-sicher. Gase oder Gasgemische, die sich in der Umgebung der Lampe befinden, können also beim Durchschmelzen der Schutzdrähte nicht entzündet werden. Krypton-Lampen erhalten das gleiche Kennzeichen, da sie ebenfalls explosions-sicher sind. (28)

¹⁾ W. Faber, Ztschr. Kälte-Ind. 40, 125 [1942].

²⁾ Jenaer Glaswerk Schott & Gen., Jena, Schweiz, Pat. 216641, Kl. 11b, v. 15. 8. 1941; Prior. Dtsch. Reich, 2. 1. 1939; ausg. 16. 12. 1941.

³⁾ Z. ges. Kälte-Ind. 50, 17, 20 [1942]. Vgl. A. Soper, „Die thermischen Eigenschaften aller Fluorchlor-Derivate des Methans“, Beheft zur Ztschr. des VDICh Nr. 43; Ausg. Chem. 56, 58 [1942].

Nebenerzeugnisse aus der Kohledestillation in Frankreich will die kürzlich von der Soc. Progil und der Comp. des Mines de Bruay gegründete Gesellschaft „Bruay-Progil“ verarbeiten, kaufen und verkaufen. (4451)

Eine neue chemische Gesellschaft in Frankreich, die Standard-Kuhlmann, wurde gegründet, um chemische Produkte, vor allem Treibstoffe, Ersatztreibstoffe und Schmieröle, zu erzeugen, zu veredeln, zu verwenden, zu kaufen und zu verkaufen. Im Verwaltungsrat sind folgende Gesellschaften vertreten: Cie. Kuhlmann, Standard Française des Pétroles, Soc. Immobilière Chimique R. Young und Soc. Commerciale pour l'Agriculture et l'Industrie. (4426)

Eine Fusion in der englischen Kohleindustrie, durch die die größte kombinierte Kohlengruben- und Ölgesellschaft der Welt gebildet werden soll, ist geplant, u. zw. wird die Powell-Duffryn Association Collieries Ltd. (Jahreskapazität 20 Mio. t) die Cory Brother & Co. Ltd. (Jahreskapazität 2 Mio. t und Kontrollierende bedeutender Ölinteressen) übernehmen. (4435)

Eine neue Lebertranfabrik in Dänemark wurde von der Lebertranfabrik Bornholm in Esbjerg als „Esbjerg Lebertranfabrik“ errichtet, die Dorschleber aus Esbjerg und anderen Gegenden Jütlands, aber auch aus Fünen verarbeitet wird. Der Betrieb soll demnächst aufgenommen werden. (4459)

Ein neues Braunkohlevorkommen in Dänemark, das auf 75000 t geschätzt wird, wurde in der Nähe des Vorkommens von Söby entdeckt. (4457)

Braunkohlevorkommen in Dänemark auf Bornholm, die auf 32000 t geschätzt werden, sollen demnächst abgebaut und nur für die Bevölkerung Bornholms verwendet werden. Der Brennwert beträgt $\frac{1}{3}$ des Brennwertes ausländischer Kohle. (4425)

Zur Herstellung von künstlichen Düngemitteln in Bulgarien, u. zw. aus der in Pernik geförderten Braunkohle, wurden Versuche angestellt. Die in Pernik zu errichtende Fabrik würde zunächst 7500 t Calciumammoniumsalpeter und 7500 t Calciumsalpeter aus 9450 t Kohlen, Kalkstein, Wasser u. a. mit Hilfe von 10 Mio. kWh Energie herstellen. Es brauchten nur geringe Mengen an Chemikalien dafür eingeführt zu werden. 1941 wurden in Bulgarien nur 3500 t Kunstdünger verbraucht. (4458)

Die Erzeugung von Benzoesäureulfimid in Bulgarien als Süßstoff für Limonade, Bosa (vergorenes Hirsemehl) und gesüßte alkoholische Getränke soll in einer noch bei Sofia zu errichtenden Fabrik aufgenommen werden, um den Bedarf an künstlichem Süßstoff zu decken und darüber hinaus noch zu exportieren. (4445)

Eine neue Zündholzfabrik in Bulgarien mit einer Kapazität von 240 Mio. Schachteln und gleichzeitig Neuvergebung der Konzession sind geplant, da die Einrichtungen der zurzeit einzigen Zündholzfabrik in Kostenez-Banja veraltet sind und da deren Konzession Mitte 1943 abläuft. (4449)

Zur Herstellung von Desinfektionsmitteln in Serbien und anderen chemischen Erzeugnissen wurde in Belgrad die Belgrader Chemische Industrie A.-G. gegründet. (4452)

Eine Fusion in der italienischen Petroleumindustrie, u. zw. zwischen der Schmierölgesellschaft S. A. Carburanti Lubrificanti Italiani und der S. A. Petroli Alto Adriatico, Bologna, wurde beschlossen. (4456)

Zur Gewinnung von Fischlebertran in der Union von Südafrika aus den Lebern von Haien und anderen größeren Fischen wurde in Gansbaai eine Fabrik errichtet. (4430)

Aus einer neuen gummihaltigen Kletterpflanze in Argentinien, Doca genannt, will man Kautschuk von sehr guter Qualität gewonnen haben. (4439)

Zur Herstellung von Phthalsäureanhydrid in Canada baut die Dominion Tar and Chemical Co., Ltd., Montreal, in Toronto eine Fabrik, deren Kapazität für den canadischen Bedarf ausreichen soll. (4429)

In der mandschurischen Schwerindustrie baut die Tungpientao Co. das Erhtaokiang-Eisenwerk aus, das den reinsten Stahl in Ostasien (99,8%) herstellt. Ein zweiter Hochofen der Penhsihu-Gesellschaft, der Eisen ohne Schrott-Zusatz erzeugt, wurde angeblasen, der erste im Oktober 1941. Ein Eisenerz-Vorkommen mit hohem Manganerz-Gehalt wurde bei Chitaokou im Distrikt Tungpientao entdeckt und soll bald ausgebeutet werden. Für das Tungpientao-Eisenwerk wird die Auswertung des Koksvorkommens bei Sungwan (Prov. Tunghwa) durch die Mangyo-Gesellschaft vorbereitet. (4440)

Zur Carbidgezeugung in Mandschukuo baut die Elektrochemische Industrie Co., die eine kleinere Carbidgefabrik in Kirin betreibt, eine größere Anlage, der 1944 noch weitere folgen sollen. Somit soll der Bedarf Mandschukuos im Lande gedeckt werden können. (4437)

Die Reichsstellen für Kautschuk und Asbest und für Ruß sind lt. Anordnung des Reichswirtschaftsministers zur Reichsstelle Kautschuk zusammengeschlossen worden. Leiter ist der bisherige Reichsbeauftragte für Kautschuk und Asbest sowie für Ruß, Dipl.-Ing. Jehle. (5363)

Altmaterial der neuen Kunststoffe gewinnt neben den schon früher gesammelten Abfallstoffen (Lumpen, Knochen, Papier usw.) immer mehr an Bedeutung. So werden außer alten, nicht mehr spielbaren Celluloid-Filmen auch Polyvinyl-Produkte gesammelt, die wahre „Kunststoff-Lumpen“ sind, denn sie sind regenerierbar, und aus Igelit wird Regenkleidung hergestellt. (5372)

Die Zellwolleerzeugung in Frankreich in Roanne soll jährlich 27000 t Zellwolle betragen. Die gesamte französische Erzeugung an neuartigen Textilrohstoffen soll 1942 90000 t gegen 32000 t vor dem Kriege betragen. (5282)

PERSONAL- UND HOCHSCHULNACHRICHTEN

Kriegsauszeichnungen: Leutnant und Flugzeugführer Dipl.-Ing. H. Ade mit, Hilfsassistent am Org. Inst. der T. H. Berlin, Mitglied des VDCh seit 1939, erhielt das Ritterkreuz des Eisernen Kreuzes.

Gefallen: Uffz. stud. chem. H. Donath, Litzmannstadt, Flugzeugführer und Inhaber des E. K. 2. Kl. und der Frontflugsprange, vor kurzem im Alter von 24 Jahren an den Folgen einer schweren Verwundung verstorben. — stud. chem. H. Walch, Mannheim, als Lt. u. Komp.-Führer in einem Gren.-Regt. im Alter von 24 Jahren im Osten.

Geburtstage: Dr. Dr. e. h. G. Erlwein, ehemals persönlicher Assistent von Werner v. Siemens, langjähriger Leiter der elektrochem. Abteilung von Siemens & Halske, der sich auf dem Gebiete der Wasser-Sterilisation mittels Ozon, der Untersuchungen des Einflusses von elektrischem Strom auf das Pflanzenwachstum und der Anwendung des Kalkstickstoffs als Düngemittel viele Verdienste erworben hat, langjähriges Mitglied des VDCh, feierte am 20. Mai seinen 80. Geburtstag, aus welchem Anlaß ihm die Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft verliehen wurde. — Direktor H. Jesser, Leiter des Chem. Untersuchungsamts, Stuttgart, feierte am 22. Mai seinen 60. Geburtstag.

Gestorben: Dr.-Ing. P. Berge, Ludwigshafen a. Rh., Betriebschemiker der I. G. Farbenindustrie, Werke: Badische Anilin- und Sodafabrik, Mitglied des VDCh seit 1934, am 17. April im 57. Lebensjahr an den Folgen eines Fliegerangriffs. — Dr. phil. A. Hausdörfer, Bad Godesberg, Fabrikdirektor i. R. der I. G. Farbenindustrie Leverkusen, Mitglied des VDCh seit 1904, am 6. Mai im Alter von 78 Jahren. — Dr. A. Herterich, Bitterfeld, Chemiker der I. G. Farbenindustrie Werk Piestertitz, am 3. Mai im Alter von 57 Jahren. — Dr. rer. nat. K. Jungholt, Chemiker der Fa. Gebr. Hagstetter, Nürnberg, Mitglied des VDCh seit 1929, als Soldat in einem Lazarett am 3. April im 41. Lebensjahr. — Dr. A. Kirpal, emer. o. Prof. für pharmazeut. Chemie der Universität Prag, am 4. April im Alter von 76 Jahren. — Dr. H. Lüppe-Cramer), Jena, langjähriger Leiter des photochem. Laboratoriums der deutschen Gelatinefabrik A.-G. in Schweinfurt, bekannt wegen seiner Verdienste um die Entwicklung der photographischen Forschung, Mitglied des VDCh, vor kurzem im Alter von 72 Jahren. — Dr. phil. M. Richter, Stettin, Leiter der Auskunftsstelle Stettin des Deutschen Kalisyndikats, Mitglied des VDCh seit 1934, am 19. Mai im 57. Lebensjahr. — Generalkonsul Dr. h. c. I. Roselius, Bremen, Erfinder des coffeinfreien Kaffees Hag, und Schöpfer der Kaffee Hag Gesellschaften, am 15. Mai im Alter von 68 Jahren. — Dr. phil. Dr.-Ing. e. h. Otto Schmidt, Direktor i. R. der I. G. Farbenindustrie, Ludwigshafen a. Rh., am 20. Mai im 69. Lebensjahr. — stud. chem. G. Seidel, Dresden, Oberltn. u. Komp.-Führer, Inh. d. E. K. 1. u. 2. Kl., des Inf.-Sturmabz. i. Silber, des Verw.-Abz. in Gold und der Ostmedaille, am 22. April im Alter von 27 Jahren in einem Lazarett. — Hauptmann und Batterieführer Dr. B. Sieg, Aschaffenburg, bis 1938 Chemiker der Salzdelfurt A.-G., Werk Roßleben, Mitglied des VDCh seit 1919, vor kurzem.

) Vgl. den Begründungsaufsatz zum 70. Geburtstag, Angew. Chem., 54, 117 [1941].

Redaktion: Dr. W. Foerst.

Redaktion: Berlin W 35, Potsdamer Straße 111. Fernsprecher: Sammelnummer 219501, Nachruf 211606. — Geschäftsstelle des VDCh: Berlin W 35, Potsdamer Straße 111. Fernsprecher: Sammelnummer 219501, Nachruf 210134. Telegramme: Chemikerverein Berlin. Postcheckkonto Verwaltung: Verlag Chemie, Berlin 78853. — Verlag und Anzeigen-Fernsprecher: Sammelnummer 219736, Postcheckkonto: Verlag Chemie, Berlin 15275.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion.