

ebenso verhalten — dass in jeder Zelle dieselbe Kraft, die beste Kraft es ist, die Kraft, welche die Nahrung bereitet, die Umschaffung der Nahrungsmittel in verdauliche Form bewirkt, dass — sage ich — diese Kraft schliesslich die Ursache des Todes wird. Das Gleichgewicht des Lebens wird gestört, wenn durch Eingriffe irgend welcher Art die Bildung und Rückbildung der Enzyme nicht mehr dem Bedürfniss angepasst wird. Es giebt nun keine feinere Einstellung der Lebensvorgänge als die auf eine bestimmte Temperatur; diese Normaltemperatur abgeändert — geht das Gleichgewicht verloren und ungeregt werden die Lebewesen zu Autotoxinen. So lange die Enzyme geregelt producirt werden, nur so weit als sie notwendig sind, ist der Organismus der Gebietende; in dem Moment, wo diese Regelung aufhört, werden sie zur Ursache des Todes. Viele Erscheinungen, bei denen wir einen Infectionspilz als Ursache des Todes angesehen haben, werden wir der neuen Auffassung einordnen müssen. Noch klarer wird das Bild, wenn wir der synthetischen Arbeit der Pilze noch mehr unser Interesse zuwenden.

Ich schilderte Ihnen, wie der Abbau sich in der Zelle vollzieht, das niedergelegte Glykogen wieder aufgelöst und der Zelle zur Verfügung gestellt wird; ebenso wahrscheinlich mit den Eiweissstoffen. Aber dieser Abbau vollzieht sich, indem gleichzeitig in derselben Zelle auch beobachtet wird neuer Ansatz von Stoffen. Ebenso bei keimendem Getreide, ebenso in den Mikroorganismen: an derselben Stelle können neben einander analytische und synthetische Thätigkeiten beobachtet werden. Bei keimendem Getreide z. B. wird der schon gebildete Invertzucker revertirt, wird in Stärkemehl oder Rohrzucker zurück verwandelt. Wir sind auf der Suche nach diesen Reversionen, aber wir sind erst am Anfange der Forschung. Das aber haben Hill und Emmerling schon gezeigt, dass in der That die Hefepilze revertirende Kräfte in sich haben, welche vollständig vom Leben losgelöst werden können und daher zu den Enzymen zu rechnen sind. In dem Moment, wo wir die revertirenden Enzyme kennen, können wir uns neugierig, zaghaften Schrittes in der That den Fragen der organischen Synthese durch das Leben nähern. Nicht mit Unrecht ist ausgesprochen worden, dass vielleicht dieselben Kräfte es sind, dieselben Enzyme, deren Spaltarbeit wir kennen, die unter gewissen physikalischen und chemischen Verhältnissen zur Synthese übergehen. Die Enzymforschung im Anschluss an die Er-

forschung der Mikroorganismen hat in den letzten zwanzig Jahren kaum erwartete Erfolge aufzuweisen, und doch sind wir wohl erst am Anfange der Erkenntniss. Ich glaube aber aussprechen zu dürfen, dass die chemische Industrie sich hier und da von der Retorte frei machen sollte, um von der grossartigen Kraft, die in den Enzymen ihr zur Verfügung steht, mehr Gebrauch zu machen wie bisher.

## Ueber die Energiedichte des Thermits und einige neue technische Anwendungen der Aluminothermie.

Von Dr. Hans Goldschmidt.

Ostwald bezeichnete auf der Hauptversammlung der deutschen elektro-chemischen Gesellschaft im Jahre 1898 in Leipzig das aluminothermische Verfahren, das ich dort zum ersten Male im Anfangsstadium, mit einigen Experimenten verbunden, vortrug, als „einen Hochofen und Schmiedefeuer in der Westentasche“ und hat damit in witziger Weise sehr treffend das Wesentliche dieser Erfindung gekennzeichnet, d. h. die grosse Energiedichte, die damit in so einfacher Weise zu erreichen ist.

Heute sei es mir gestattet, diesem Anspruch eine zahlenmässige Grundlage zu geben, die natürlich nur eine annähernde sein kann. Um einen Anhalt zu gewinnen, mögen zunächst die Verbrennungswärmen einer Anzahl von Elementen (für je 1 kg) mit Sauerstoff zum Vergleich mit der des Aluminiums hier aufgeführt werden.

Die Zahlen sind den Tabellen von Landolt und Börnstein (II. Auflage 1894) entnommen. Leider fehlt hier gerade die Angabe über Aluminium. Diese Zahl verdanke ich Herrn Dr. Strauss, Chef des physikalischen Laboratoriums der Firma Friedrich Krupp in Essen.

H	zu $H_2O$	34 553	(Joule)
C	zu $CO_2$	7 859	(Berth und Pet.)
Al	zu $Al_2O_3$	7 140	(Strauss) <sup>1)</sup>
Mg	zu $MgO$	6 010	(Rogers)
P	zu $P_2O_5$	5 747	(Andrews)
Na	zu $Na_2O$	3 293	(Woods)
Ca	zu $CaO$	3 284	(Thomsen)
S	zu $SO_2$	2 165,6	(Berthelot)
As	zu $As_2O_5$	1 462,5	(Thomsen)
Fe	zu $FeO$	1 352,6	(Favre & Silbermann)
Zn	zu $ZnO$	1 291,3	(dies.)
Cu	zu $CuO$	593,6	(Joule)
Sn	zu $SnO$	573,6	(Andrews)
Pb	zu $PbO$	243,0	(Thomsen)
Bi	zu $Bi_2O_3$	95,5	(Woods)
Ag	zu $Ag_2O$	27,31	(Thomsen)

<sup>1)</sup> In Ferd. Fischer, Handbuch der chemischen Technologie 1900, (4. bez. 15. Auflage) S. 343 ist die Bildungswärme von  $Al_2O_3$  mit 3920 angegeben, dies entspricht für 1 kg Aluminium 7 259.

Versuchen wir weiterhin, aus dem thermochemischen Verhalten der bei dem aluminothermischen Process der Eisenabscheidung beteiligten Stoffe den thermischen Effect dieses Processes zu erkennen, der nach der Gleichung  $\text{Al}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Fe}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  verläuft. Wir können daraus die thermischen Antheile, welche auf die Reduction von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  entfallen, und diejenigen, welche aus der Verbrennung des Aluminiums resultiren, berechnen. Bei dem Vorgange spielen aber auch die Wärmeantheile eine Rolle, die zur Verflüssigung des Schmelzgutes dienen, also des Eisens und der Thonerde. Unberücksichtigt mögen die Wärmemengen bleiben, welche durch Leitung und Strahlung verloren gehen.

nach Gruner auf 33, welche Zahl hier an Stelle der wohl bisher nicht bestimmten Schmelzwärme des Schmiedeeisens eingesetzt werden soll. Es würde somit die zum Schmelzen von 1 kg Eisen nöthige Wärmemenge  $1600 \cdot 0,108 + 33 \text{ Cal.} = 205 \text{ Cal.}$  betragen. Richtiger jedoch ist es, die mittlere specifische Wärme zwischen  $0^\circ$  und dem Schmelzpunkt von  $1600^\circ$  einzusetzen. Diese berechnet sich nach Pionchon für ca. 1600 auf 0,19. Danach ist zu setzen

$$1600 \cdot 0,19 + 33 = 337 \text{ Cal.}$$

Bei der Gewinnung von 1 kg Eisen werden 0,91 kg Thonerde erzeugt. Die Schmelztemperatur der Thonerde, anscheinend noch nicht genau bestimmt, wird bekanntlich

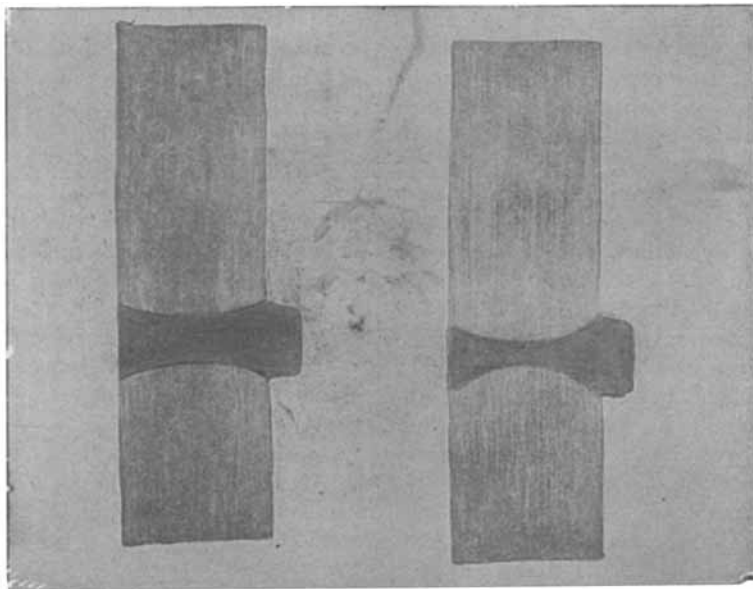


Fig. 1.

Angeätzte Schnitte durch zwei aluminothermisch verschweißte Quadratsläbe von 140 mm Stärke.  
(Zwischengussverfahren.)

Zur Bildung von 1 kg Eisen aus dem Oxyd bedarf es 0,484 kg Aluminium. Diese liefern bei der Verbrennung

$$0,484 \cdot 7140 = 3455,76 \text{ Cal.}$$

Für die Reduction von 1 kg Eisen aus dem Oxyd werden (nach Fischer's Handbuch der chemischen Technologie 4. bez. 15. Auflage Seite 173) im Durchschnitt 1768 Calorien benöthigt. Das ist der Mittelwerth zwischen 1648 und 1887 Wärmeeinheiten. Als Schmelzpunkt des kohlearmen, sehr reinen aluminogenetischen Eisens mag  $1600^\circ$  angenommen werden; er liegt thatsächlich wohl eher etwas niedriger. Die specifische Wärme des Schmiedeeisens zwischen  $4^\circ$  und  $27^\circ$  wird in den Tabellen von Landolt & Börnstein (nach Petterson und Hedelius) mit 0,108079 angegeben, die latente Schmelzwärme von weissem Gusseisen beziffert sich

nur im Knallgasgebläse erreicht, durch geringe Mengen aufgelöster Metalloxyde bez. Metalloxydule aber herabgedrückt. Sie sei mit  $1900^\circ$  eingesetzt. (Hierbei sei bemerkt, dass chromoxydhaltiger Korund, der bei der Chromdarstellung sich bildet, entschieden schwerflüssiger ist, als derjenige, welcher Sauerstoffverbindungen des Eisens, Mangans und Nickels aufgenommen hat.) Ferner ist die latente Schmelzwärme der Thonerde wohl noch nicht bekannt; dieselbe mag mit 50 Cal. angenommen werden, der Zahl, die Gruner für Hochofenschlacke angiebt. Die specifische Wärme der Thonerde führt Ostwald (Lehrbuch der allgemeinen Chemie 2. Auflage Seite 281) mit 0,2173 an. Demnach berechnet sich die zum Schmelzen von 0,91 kg Thonerde nöthige Wärmemenge wie folgt:

$$0,2173 \cdot 1900 \cdot 0,91 + 50 = 425,71 \text{ Cal.}$$

Es ist also, übersichtlich zusammen-  
gestellt,

Wärme verbraucht:

Für die Reducirung von 1 kg Fe aus	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	1768 Cal.
Zum Schmelzen desselben . . . . .	337 -
Zum Schmelzen der Schlacke . . . . .	425,71 -
	<hr/> 2530,71 Cal.

Wärme erzeugt:

Durch Verbrennen von 0,484 kg Al . 3455,76 Cal.

Es bleibt demnach bei der aluminother-  
mischen Eisendarstellung eine Wärmemenge  
von 3455,76 — 2530,71 = 925,05 Cal. dis-  
ponibel. Da 1 kg Thermit praktisch etwa  
 $\frac{1}{2}$  kg Eisen giebt, so liefert 1 kg Thermit  
etwa 450 Cal.<sup>2)</sup>

ergeben — zugefügt werden, so würden  
wir damit eine Temperaturerhöhung von  
 $\frac{2.450}{0,19887.100} = 45,2^\circ \text{C.}$  erhalten; bei einer

Zugabe von 5 Proc. Thermit berechnet sich  
diese Temperaturerhöhung auf etwa  $115^\circ \text{C.}$

Die spezifische Wärme des Eisens steigt  
erheblich mit seiner Temperatur; sie ist bei  
der Schmelztemperatur des Gusseisens etwa  
doppelt so hoch, als bei gewöhnlicher Tem-  
peratur, d. h., wie oben in den Berechnungen  
angegeben, etwa 0,2 gegen 0,1. Die Wir-  
kung des hochoerhitzten Thermit Eisens auf  
kaltes Eisen, dessen „Reaction auf Wärme-  
zufuhr“ also doppelt so gross ist als die des  
heissen, ist sehr beachtenswerth und giebt



Fig. 2.

Fehlerhafte Rohrkrümmer, theilweise bereits mit Thermiteseisen ausgebessert. In der Mitte eine aufgesetzte Form  
zur Ausführung der Aufschweissung.

Angesichts dieser bei oberflächlicher Be-  
trachtung ausserordentlich niedrig erschei-  
nenden Zahl möchte man es kaum für mög-  
lich halten, dass so überraschende thermische  
Effecte mit Hülfe des Thermit hervorzub-  
ringen sind. Allein man hat sich zu ver-  
gegenwärtigen, dass nicht nur die Reaction,  
die sich bei sehr hoher Temperatur abspielt,  
ausserordentlich schnell vor sich geht, son-  
dern auch vor Allem keine flüchtigen Ver-  
brennungsproducte auftreten und man deshalb  
im Stande ist, diese Mengen von Calorien in  
gewisser Hinsicht quantitativ auszunutzen.

Man kann sich diesen Vorgang auch an  
der Temperaturerhöhung flüssigen Gusseisens,  
die durch Zugabe von Thermit erzielt wird,  
klar machen. Der Schmelzpunkt des weissen  
Roheisens wird von Ledebur zu  $1075^\circ$  an-  
gegeben. Die spezifische Wärme des Eisens  
zwischen 1000 und  $1200^\circ$  ist seitens Pion-  
chon mit 0,19887<sup>3)</sup> bezeichnet. Gesezt  
den Fall, dass 100 kg flüssigen Gusseisens  
nur 2 kg Thermit — die etwa 1 kg Eisen

eine Erklärung dafür, dass es kaum einen  
Zweck hat, die mit dem Thermiteseisen zu  
verschmelzenden Eisenstücke besonders stark  
anzuwärmen.

Folgende Erwägung klärt wohl den ther-  
mischen Effect am besten auf.

1 kg Thermit brennt in etwa 1—2 Se-  
cunden ab, sobald etwas grössere Mengen  
auf einmal im Tiegel entzündet werden, z. B.  
10 kg. Gelangen grössere Quantitäten, bei  
denen grössere Entzündungsflächen in Wir-  
kung treten können, zur Reaction, so wird  
das Abbrennen eines kg Thermit noch er-  
heblich beschleunigt.

Angenommen, dass in einer Secunde beim  
Abbrennen von 10 kg Thermit nur 300 Cal-  
orien entwickelt werden, so entsprechen  
diese, wenn wir das mechanische Wärme-  
äquivalent — 425 mkg — zu Grunde  
legen, einer mechanischen Arbeitsleistung  
von 127 500 mkg oder 1700 Pferdekraft-  
secunden oder 1149,5 Kilowattsecunden. Das

<sup>2)</sup> In Stähler's Ingenieurkalender ist die  
spezifische Wärme von flüssigem Bessemereisen  
mit 0,207 angegeben.

<sup>3)</sup> Zu ähnlichen Resultaten kommt Oberberg-  
rath Fr. Kupelwieser in Leoben. Vergl. Öster-  
reichische Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen No. 12,  
Jahrg. 47, 25. März 1899.

würde der einsecundlichen Wirkung einer Bogenlampe von etwa 30 000 Ampère bei 40 Volt gleichkommen. Werden aber 100 kg Thermit in einem Tiegel zur Entzündung gebracht, die ebenfalls in etwa 15 Secunden niederbrennen, so werden 3000 Calorien in einer Secunde entwickelt, und diese entsprächen einer Bogenlampe von etwa 300 000 Ampère bei 40 Volt! Man ersieht hieraus bereits, dass die Wärmeentwicklung während des Abbrennens von Thermit weit intensiver resp. concentrirter ist, als in einem mit Hülfe des elektrischen Lichtbogens geheizten Ofen. Denn im elektrischen Ofen kann dem Schmelzgut in der Zeiteinheit ein so ungeheurer Strom bez. Wärmemenge praktisch kaum zugeführt werden, vor Allem aber nicht innerhalb eines Raumes von wenigen Cubikdecimeter Inhalt, wie das beim Abbrennen von Thermit bewirkt wird. Dass aber das aus dem Thermit entstehende Schmelzgut sogar noch höhere Temperaturen besitzt als das den elektrischen Ofen verlassende, lehrt der Augenschein ohne Weiteres. Jeder, der beispielsweise den Abstieg eines grossen Carbidofens beobachtet hat, wird, nachdem er die aluminothermische Reaction damit verglichen, erkennen, dass die Temperatur der letzteren erheblich höher ist. In einer Arbeit „Über die Darstellung krystallisirter Thonerde im elektrischen Schmelzofen“ schreibt Gintl<sup>4)</sup>, dass die von ihm geschmolzene Thonerde, die einem Strome von 1000 Ampère und 100 Volt ausgesetzt wurde, „eine zähflüssige Schmelze“ ergab. Diese enthielt nun zumeist noch erhebliche Mengen von Kieselsäure, war also entschieden unrein und deshalb leichter schmelzbar als die kieselsäurefreie, im Wesentlichen nur etwas Eisenoxydul enthaltende Thonerde, die beim Abbrennen von Thermit entsteht. Die letztere wird aber selbst bei Anwendung kleinerer Mengen völlig dünnflüssig, so dass sie leicht und fast vollständig bei einigermaassen schnellem Arbeiten aus dem Tiegel ausgegossen werden kann.

Um einige hundert Kilo eines schwer schmelzbaren Gutes mit Hülfe des elektrischen Stromes in feuerflüssigen Zustand zu bringen, bedarf es im Allgemeinen mehrere Stunden lang der Energie von hunderten von Pferdekraften. Derselbe Effect wird beim Abbrennen von Thermit in einigen Minuten, eventuell sogar Secunden, erzielt!

Zwecks Anstellung eines anderen zahlenmässigen Vergleichs zwischen der Energiedichte im elektrischen Ofen und der des in Reaction befindlichen Thermits, und zwar speciell des Eisenthermits, mag dieselbe

bezogen werden auf Erg pro Cubikcentimeter.

Wie oben gesehen, werden beim Abbrennen von 1 kg Thermit etwa 450 Cal. disponibel; 10 kg Thermit nehmen nach beendeter Reaction etwa einen Raum von 3500 ccm ein. Demnach befinden sich nach 15 Secunden in 1 ccm

$$\frac{4500}{15 \cdot 3500} = 0,0857 \text{ Cal.},$$

entsprechend 36,42 mkg. Da 1 mkg = 98100000 Erg ist, so haben wir in 1 Secunde in 1 ccm 3 572 802 000 Erg.

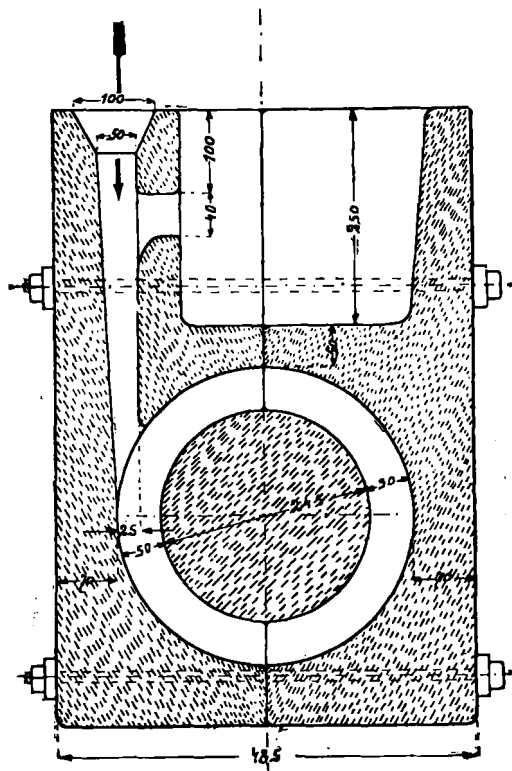


Fig. 3.  
Anschweissung eines Ringes aus Thermiteseisen um eine 10-zöllige Welle.

Die Energiedichte des elektrischen Ofens ist nicht leicht zu übersehen, schon weil die verschiedenartigsten Constructionen und Grössenverhältnisse in Anwendung kommen.

Wird ein Ofentypus, wie beispielsweise der von Stassano zur Stahlbereitung benutzte, dessen Innenraum nur dadurch erhitzt wird, dass ein mächtiger Lichtbogen unterhalten wird, zum Vergleich herangezogen, so ist die in diesem Ofen herrschende Energiedichte verhältnissmässig gering, denn die Grösse seines benutzbaren Raumes beträgt etwa 1 cbm bei einem Kraftverbrauch von etwa 500 H.P.

Die hier herrschende Energiedichte berechnet sich demnach wie folgt:

<sup>4)</sup> Z. f. angew. Chem. 1901, 19. Nov., Heft 47.

500 H.P. = 37 500 mkg in 1000 000 ccm pro Secunde, also pro Secunde pro ccm = 0,0375 mkg = 367 . 8750 Erg.

Das Verhältniss wäre also im Vergleich zum Thermit, wenn 10 kg abbrennen, etwa wie 1000 zu 1.

Schliesslich sei die der Zeiteinheit entsprechende Wärmemenge des abbrennenden Thermits verglichen mit der Wärmemenge, welche der Schmelzzone eines mit 500 H.P. betriebenen Calciumcarbidofens pro Secunde zugeführt wird. Und zwar seien in diesem Falle nicht nur die disponiblen, sondern auch die Gesamtsumme der überhaupt erzeugten Calorien des Thermits in Rechnung gesetzt. Die Grösse der Schmelzzone ist zu 50 Liter angenommen. Diese Zahl beruht auf einem mir seitens der Société des Carbures in Paris freundlichst zugesandten ausführlichen Berichte, wonach die Schmelzzone eines solchen Ofens gemäss dortseitig besonders angestellter Versuche 52,4 Liter Inhalt hat.

Das Resultat des Vergleichs ist aus folgender Tabelle zu ersehen:

wandt, um welche vorher eine gebrannte zweitheilige Thonform von entsprechender Abmessung gelegt war. Indem das Thermit-eisen auf den Boden der Form fliesst, bildet es eine Fusslasche um den Schienenfuss, ihn gleichzeitig zum Theil auflösend, so dass eine innige Vereinigung der Schienenenden stattfindet. Der nachfliessende Korund hat die Schienenköpfe bedeckt und wärmt diese gleichzeitig an, wodurch einem Hochbiegen der Enden vorgebeugt wird.

Die Wirkung des ausfliessenden aluminogenetischen Thermit Eisens wird an dem scharfkantigen Durchschmelzen einer eisernen Platte besonders gut veranschaulicht.

Mit 2,5—3 kg Thermit kann man eine fast zolldicke Platte mit einem fingerdicken Loch versehen. (Auch dieses Experiment wurde vom Vortragenden noch nach der Vorlesung auf dem im kleinen Nebensaale stehenden Holzpodium, auf dem auch die Schienenschweissung kurz vorher gezeigt worden war, demonstriert.)

Was die neueren Anwendungen der Aluminothermie anbelangt, so sei vor Allem

Dauer der Reaction	Angew. Menge Thermit	Volumen des Reactionsproductes	Es werden entwickelt		Dichte der		Verhältniss zwischen den Energie-Dichten	
			insgesamt Cal.	davon disp. Cal.	gesamten Energie pro ccm	disponiblen Energie pro Sec.		
15 Secunden	10 kg	3500 ccm	17 278,8 = 7 343 490 mkg	4500 = 1 912 500 mkg	0,33 Cal. = 140,25 mkg = 13 758 525 000 Erg.	0,0857 Cal. = 36,4 mkg = 3 570 840 000 Erg.	a) Carbido- fen zur gesam- ten Wärme- menge des Thermits 1 : 188	b) Carbido- fen zur disponibl. Wärme- menge des Thermits 1 : 50
1 Secunde	Im elektr. Ofen von 500 H.P. erzeugte Menge Carbid	Volumen der Schmelz- zone	500 H.P. = 37 500 mkg		0,75 mkg = 73 575 000 Erg.			
	0,173 kg	50000 ccm						

Um den Beweis zu geben, dass thatsächlich das Thermit in der oben beschriebenen Weise schnell abbrennt, habe ich in diesen Spitztiegel 10 kg Thermit eingefüllt, das ich in bekannter Weise durch Aufwerfen einer Messerspitze voll sogen. Entzündungsgemisches (Baryumsuperoxyd und Aluminium) und Einstecken eines in Brand gesetzten Sturmstreichholzes zur Reaction bringe. Wie Sie sehen, ist der Inhalt nur unter geringem Funken-sprühen in wenigen Secunden abgebrannt und der Abstich mit Hilfe eines hebelartigen Apparates aus einem am Boden des Tiegels befindlichen engen 10—15 mm weiten Ausflussloches bewirkt worden. Ich habe das ausfliessende aluminogenetische Eisen gleich zur Verbindung von 2 Schienenenden ver-

hervorgehoben, dass die metallurgische Seite, d. h. die Darstellung kohlefreier Metalle, insofern weitere Fortschritte gemacht hat, als die Verwendung derselben gerade innerhalb des letzten Jahres ganz erheblich an Ausdehnung gewonnen hat.

Das kohlefreie Chrom dient jetzt einer ganzen Reihe von Stahlwerken als unentbehrliches Legierungsmittel, besonders zur Herstellung von naturharten Werkzeugstählen, die vielfach einen Gehalt von 5—7 Proc. Chrom, zumeist neben Wolfram, enthalten. Aber auch für Chromstähle mit geringerem Gehalt an Chrom, wie sie bei der Fabrikation von Kanonen Verwendung finden, wird das kohlefreie Chrom in ausgedehnter Weise benutzt.

Das kohlefreie Mangan dient besonders als Zusatz für Kupfer, Bronze, Nickel und Nickellegierungen und hat den Vortheil, dass es sich, im Gegensatz zu dem kohlehaltigen Ferromangan, sehr leicht legirt. Der übliche Zusatz ist im Allgemeinen 2 Proc. Mangan. Der Schmelzpunkt des Mangans liegt, wie von Heraeus neuerdings bestimmt,

Ferrotitanthermit in die Giesspfanne gegeben, so dass es vom hocherhitzten Gusseisen zur Entzündung gebracht wird und das Ferrotitan mit etwa 25 Proc. Titan in statu nascendi dem Gusseisen zufließt. Ich bemerke hierbei, dass das gewöhnliche Eisen-thermit vom flüssigen Gusseisen nicht entzündet wird, sondern erst vom flüssigen Stahl.

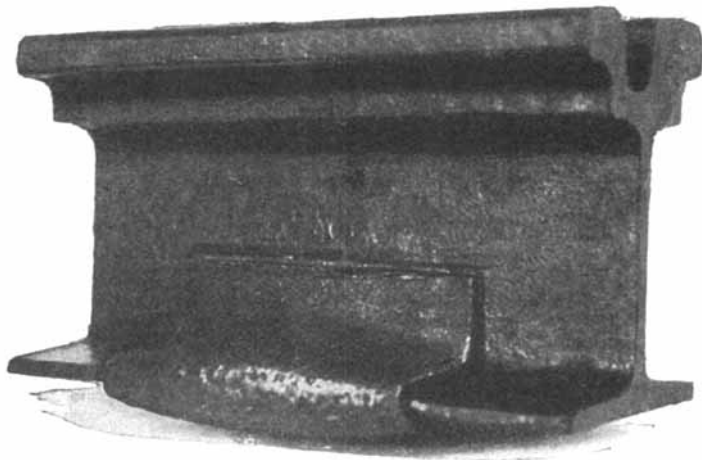


Fig. 4.

Zwei Schienenstücke mit Thermit stumpf geschweisst und gleichzeitig mit angeschweisster schmiedeeiserner Fusslasche versehen.

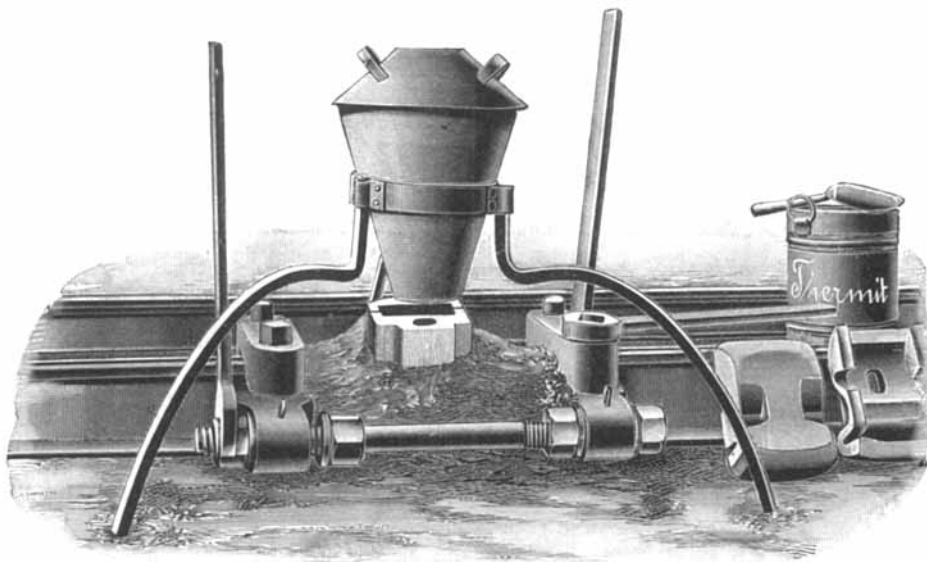


Fig. 5.

Schienenschweißung auf der Strecke.

Die Abbildung zeigt sämtliche zur Ausführung erforderlichen Materialien und Werkzeuge.

etwa bei 1240 Grad (vergl. Zeitschrift für Elektrochemie), ist also lange nicht so hoch, wie bisher in der Litteratur, die Mangan zu den schwerst schmelzbaren Metallen rechnete, angegeben wurde.

Die Einführung des Titans hat ebenfalls weitere Fortschritte gemacht und besonders als Zusatz für Gusseisen Anwendung gefunden. In diesem Fall wird das Metall als

Durch den Zusatz von Ferrotitanthermit,  $\frac{1}{2}$ —1 Proc. genügt völlig, wird das Gusseisen dünnflüssiger, vor Allem feinkörniger und verliert auch unter Beobachtung der sonst üblichen Giessregeln seine Neigung, an gewissen Stellen Poren zu bilden.

Auf der Düsseldorfer Ausstellung habe ich in meinem Pavillon eine Reihe von mit und ohne Zusatz von Titanthermit gegossenen

Stücken, Cylinderdeckel, Kolbenringe und dergl. ausgestellt, an denen man die Verbesserung, die der Zusatz bewirkt, leicht erkennen kann. Die Stücke sind mir von der Königlichen Werkstätteninspektion in Nippes bei Köln durch Vermittelung des Königlichen Regierungs- und Bauraths Mayr, dem ich an dieser Stelle für seine Mühewaltung

Mit Hülfe des Thermit Eisens kann man demgemäss Eisen mit Eisen verlöthen, etwa so, wie man Blei mit Blei verlöthet. Auf diese Weise ist es möglich, nicht nur, wie Sie vorhin gesehen haben, Schienen mit einander mechanisch auf zuverlässigste Weise zu verbinden, sondern naturgemäss auch jede andere Art von Trägern, Stab-, Winkeleisen,

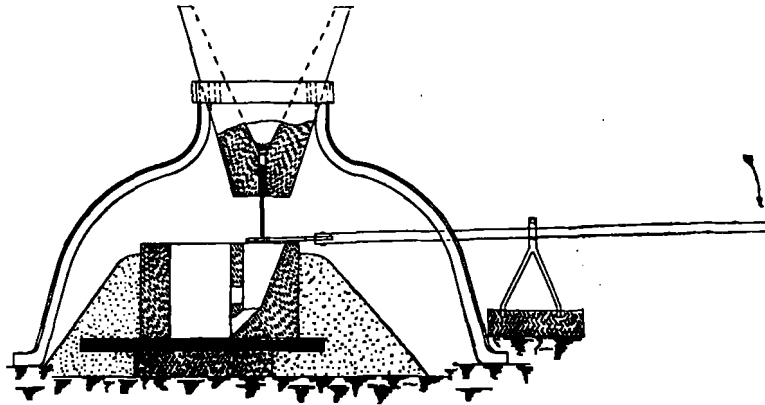


Fig. 6.

Hebelvorrichtung zum Abstechen des Thermit Eisens aus dem Spitztiegel (automatisches Verfahren).  
Form mit seitlichem Einlauf und Überlauf für den Corund.

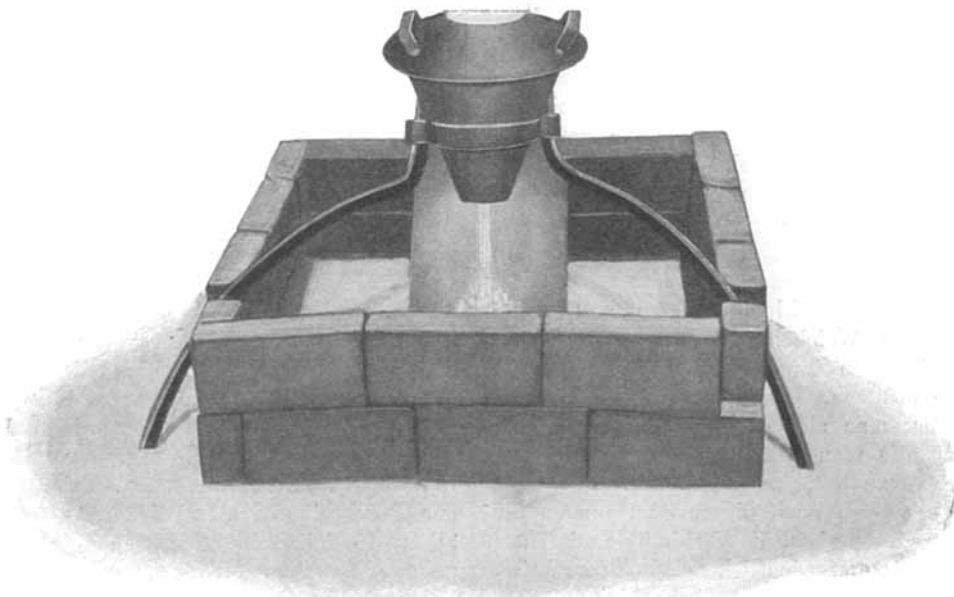


Fig. 7.

Durchschmelzung einer Eisenplatte mittels Thermit.]

meinen verbindlichsten Dank sagen möchte, freundlichst zur Verfügung gestellt worden. Die weiteren, neuen Anwendungsformen der Aluminothermie beruhen hauptsächlich auf Verwendung des Thermit Eisens als Löthmetall; denn in Folge seiner hohen Temperatur besitzt es die Eigenschaft, bei Aufguss auf ein Werkstück dessen Oberfläche sofort aufzuweichen, also mit dem Stücke innig zu verschmelzen.

Bleche, überhaupt jede Art von Schmied- und Walzeisen. Eine solche Verschmelzung mit Hülfe von Thermit ist sogar billiger herzustellen, als eine solide Verlaschung oder Vernietung und wird in manchen Fällen schon aus diesem Grunde vorzuziehen sein.

Zur Verbindung massiver Stäbe ist am vortheilhaftesten das sogenannte Zwischen-gussverfahren anzuwenden. Die Stabenden

werden etwa in einem Abstände von 10 bis 15 mm von einander aufgestellt, um in den Zwischenraum Thermit-eisen eingiessen zu können. Nach dieser Methode sind beispielsweise von der Firma Rost & Co., Dresden, eine Anzahl von 140 mm dicken Quadratstäben für eine Schiebebühne zusammengeschweisst worden, die sich auf dem Chemnitzer Bahnhof befindet und Seitens der Königlich Sächsischen Staatsbahn in Auftrag gegeben war. Die Firma hat durch derartig hergestellte Schweissstellen mehrere Schnitte anfertigen lassen. Wie Sie sehen, zeigt die angeätzte Schnittfläche, dass eine vollständige Verschweissung mit Hülfe des zwischengegossenen Thermit-eisens erreicht worden ist.

Man ist vielleicht zu der Annahme geneigt, dass durch dieses Zusammenschmelzen mit Hülfe von Thermit-eisen die Schweissstelle deswegen nicht dieselben mechanischen Eigenschaften haben könne, wie die miteinander verbundenen gewalzten Stücke, weil das angeschweisste Thermit-eisen keinen Walzprocess durchgemacht hätte. Dieser Einwand ist bei näherer Überlegung hinfällig, weil man bekanntlich sogenannte Stahl- oder Stahlfaçon-güsse, welche die gleichen chemischen Zusammensetzungen haben, wie das Thermit-eisen, mit etwa denselben mechanischen Eigenschaften giessen kann, wie gewalzte oder geschmiedete Werkstücke. Ich erinnere nur an die Herstellung der Schiffsteven, die bei einer Festigkeit von 40—45 Kilo eine Dehnung von über 20 Proc. aufweisen. In gleicher Weise werden auch direct aus dem Martinofen ganz kleine Stücke z. B. Gas-fittings aus Weicheisen gegossen, die ebenfalls dieselben Eigenschaften wie gewalzte Stücke besitzen. Beim Giessen mit Thermit-eisen hat man also dieselben Regeln zu beachten, die man beim Giessen von weichem Stahlguss zu berücksichtigen hat.

Wenngleich nach diesen Darlegungen die Verschweissung bez. die Verbindung mit Thermit-eisen ausserordentlich einfach erscheint, so darf doch nicht unerwähnt bleiben, dass die Einführung dieser neuen Methode ganz naturgemäss grosse Schwierigkeiten zu überwinden hat, denn bekanntlich sind für alle Vernietungen und Verlaschungen besondere Normalien festgestellt. Es müssten also bei Verwendung von Thermit in jedem Falle neue Normalien ausgearbeitet und aufgestellt werden. Dass diese Arbeit eine eminent grosse und langwierige ist, liegt auf der Hand.

Eingeführt und bewährt hat sich das Verfahren bereits für die Schienenschweissung der elektrischen Bahnen, bei denen allerdings die Verhältnisse besonders günstig liegen,

worauf ich hier nicht näher eingehen kann, um mich nicht zu sehr in oberbautechnische Details zu verlieren (Vergl. Stahl und Eisen 1901 No. 21).

Es liegt mir gänzlich fern, mit der grossen Ausdehnungsmöglichkeit, die der Thermit-schweissung sicher noch bevorsteht, behaupten zu wollen, dass dadurch die bisher übliche Vernietung über den Haufen geworfen werden sollte. Derartige utopistische Ideen tauchten bekanntlich vor einer Reihe von Jahren auf, als die elektrische Schweissung aufkam. Es gab Optimisten, die glaubten, dass des Nietbolzens letztes Stündlein geschlagen habe. Diese Träume sind bald zerronnen. Wenn-gleich die Thermit-schweissung auch anerkanntermaassen eine bessere und bequemer herzustellende Schweissung ermöglicht, als die elektrische, so wird man selbstverständlich auf das Niet- und Verlaschen niemals ganz verzichten können.

Bisher habe ich das Stumpfschweissverfahren mit Thermit unerwähnt gelassen, weil ich es schon in Hannover vortrug. Es findet vorzugsweise Verwendung beim Aneinanderschweissen schmiedeeiserner Rohre, in erster Linie als Ersatz für die Flanschenverbindung.

Dieses Verfahren hat sich in der Zwischenzeit in einer grossen Reihe von Betrieben des In- und Auslandes eingeführt, nachdem seitens der Allgemeinen Thermitgesellschaft die Normalien für Rohre bis zu 6 Zoll Durchmesser in Form einer Tabelle mit genauen Angaben über die entsprechenden Formen-grössen sowie den Thermitverbrauch für die verschiedenen Rohrdimensionen ausgearbeitet waren.

Ich setze als bekannt voraus, dass bei diesem Stumpfschweissverfahren das Thermit-eisen als solches keine Verwendung findet, und beziehe mich auch hier wiederum auf meinen Vortrag in Hannover (vergl. diese Zeitschrift). Wie Sie sehen, habe ich mit der Beschreibung aller dieser Anwendungsarten des Thermits längst das Gebiet der angewandten Chemie verlassen und binschliesslich auf dem des constructiven Ingenieurs angelangt. Die Aluminothermie ist aber wiederum ein Beweis dafür, wie sehr die moderne Chemie in Folge ihres fortschreitenden Ausbaues dazu berufen erscheint, die Grenzen ihrer Anwendbarkeit allmählich immer tiefer auch auf Gebiete der Technik vorzuschieben, die ihr bisher noch fremd waren. Die Anwendung und weitere Ausbildung des Theiles dieses neuen Wissenszweiges, der sich auf die Schweissverfahren erstreckt, ist in erster Linie den Ingenieuren vorbehalten.