

Ausgewählte Beheizungsarten von Verzinkungskesseln

Von Josef Kohlgrüber in Köln-Kalk, Josef Leutbecher in Hagen

und Theodor Türk in Dortmund

Gruppe C

Nr. 306

Ausgewählte Beheizungsarten von Verzinkungskesseln

Von Josef Kohlgrüber in Köln-Kalk, Josef Leutbecher in Hagen und Theodor Türk in Dortmund

Bericht Nr. 7 des Gemeinschaftsausschusses Verzinken des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute
und der Forschungsgesellschaft Blechverarbeitung*)

Verzinkungskessel mit zwangsläufiger Abgas-Umwälzbeheizung. Beheizung durch selbstansaugende Abgas-Umwälzbrenner. Elektrische Beheizung von Verzinkungskesseln.

A. Verzinkungskessel mit zwangsläufiger Abgas-Umwälzbeheizung

Die zwangsläufige Umwälzbeheizung wird in der Verzinkungsindustrie seit etwa zwölf Jahren angewendet. Da man in der Leichtmetallindustrie fast alle Arten von Glüh- und Vergüteöfen mit bestem Erfolg durch zwangsläufige Umwälzbeheizung betreibt, vor allem Salzbadöfen, bei denen eine Temperaturgenauigkeit des Bades von $\pm 2,5^\circ$ eingehalten werden muß, lag der Gedanke sehr nahe, diese bewährte Heizeinrichtung auch bei Verzinkungsöfen anzuwenden.

Als erster Kessel wurde bei den Hüttenwerken Siegerland, Werk Eichen, ein Blechverzinkungskessel für Maschinenverzinkung der Größe $2400 \times 2400 \times 800 \text{ mm}^3$ für eine Leistung von 3 bis 4 t/h mit einer zwangsläufigen Umwälzbeheizung nach einer bestimmten Bauart ausgerüstet. Dadurch, daß man bei dieser Beheizungsart die Wanne nicht

mehr wie früher bei unmittelbarer Beheizung durch Schamotteplatten zu schützen brauchte, und daß die aufzubringende Wärme nicht durch Strahlung, sondern durch Konvektion dem Zinkkessel übertragen wurde, konnte man bei dieser Anlage den Gasverbrauch gegenüber der früheren Arbeitsweise mit unmittelbarer Beheizung von $60 \text{ Nm}^3/\text{t}$ auf 30 bis $33 \text{ Nm}^3/\text{t}$ senken.

Bild 1 zeigt eine Blechverzinkungsanlage mit vorgeschaltetem Trockenofen, bei der die anfallenden Abgase der Beheizung des Zinkkessels im Trockenofen nutzbar gemacht werden. Auch dieser Trockenofen ist mit zwangsläufiger Umwälzbeheizung ausgerüstet. *Bild 2* zeigt einen Geschirrzinkungskessel, *Bild 3* einen Kessel zum Verzinken von großen Teilen (Rohre und Sonderquerschnitte) mit beidseitiger Beheizung von den Stirnseiten ausgehend. *Bild 4* zeigt einen Drahtverzinkungskessel. *Bild 5* stellt einen Trockenofen für Geschirre mit Kettenförderung dar.

*) Vorgetragen in der Vollsitzung am 9/10. Juli 1953.

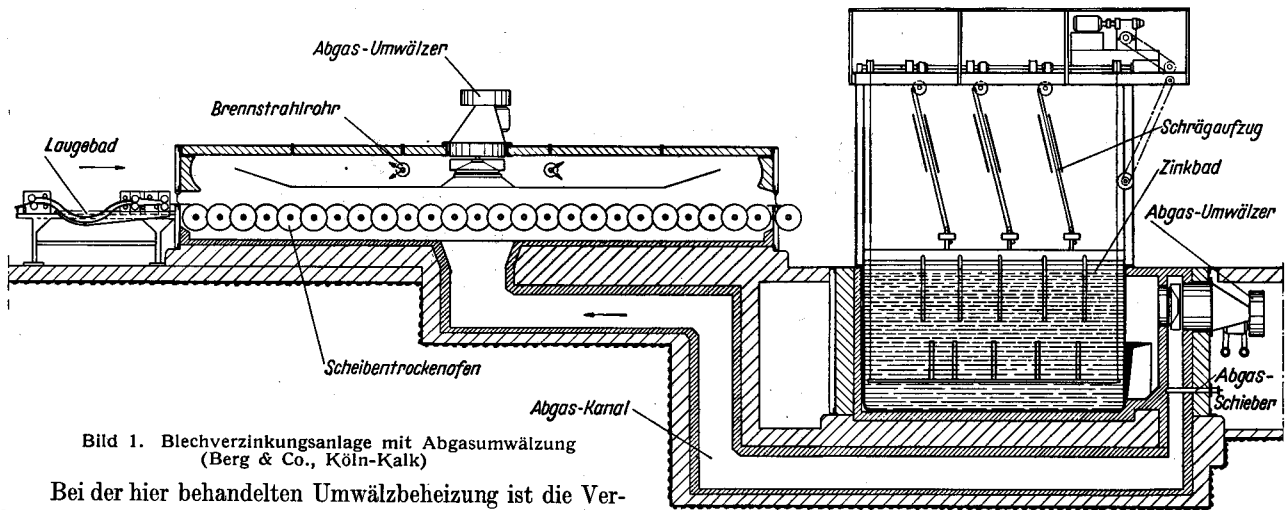


Bild 1. Blechverzinkungsanlage mit Abgasumwälzung (Berg & Co., Köln-Kalk)

Bei der hier behandelten Umwälzbeheizung ist die Verbrennung der Heizgase in einem gesonderten Brennstrahlrohr wesentlich. Zwei Punkte sind bei der zwangsläufigen Umwälzbeheizung besonders zu beachten:

1. Die Verbrennung der Heizgase darf durch die Umwälzung nicht gestört werden.
2. Die umgewälzte Gasmenge muß in den oberen seitlichen Kanälen gleichmäßig aufgeheizt werden.

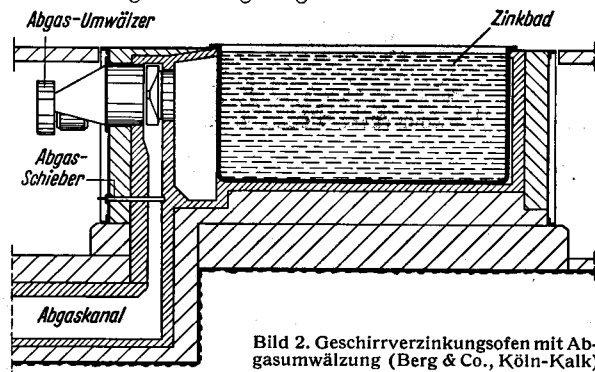


Bild 2. Geschirrverzinkungssofen mit Abgasumwälzung (Berg & Co., Köln-Kalk)

Die durch die aus den Öffnungen der Brennstrahlrohre austretenden heißen Flammenspitzen aufgeheizten Umwälzgase werden mit hoher Geschwindigkeit an dem im Ofenraum freistehenden Verzinkungskessel vorbeigeschleudert. Die umgewälzte Gasmenge ist möglichst groß zu halten, damit eine gute Wärmeübertragung sichergestellt wird.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß eine Umwälzgeschwindigkeit von 15 bis 20 m/s am wirtschaftlichsten ist, bei einem Temperaturunterschied von 50 bis 60°. Will man den Temperaturunterschied noch geringer halten, so muß die Umwälzgasmenge erhöht werden. Dadurch wird jedoch der Kraftbedarf am Umwälzer gegenüber der vorerwähnten Geschwindigkeit von 15 bis 20 m/s größer. Daraus folgt, daß die Wirtschaftlichkeit bei einer bestimmten Abgasmenge und Geschwindigkeit liegt.

Bei großen und langen Kesseln empfiehlt es sich, die Beheizung von beiden Kopfseiten aus vorzusehen.

Selbst bei Verzinkungskesseln mit unterschiedlichen Durchsatzleistungen hat sich die zwangsläufige Umwälz-

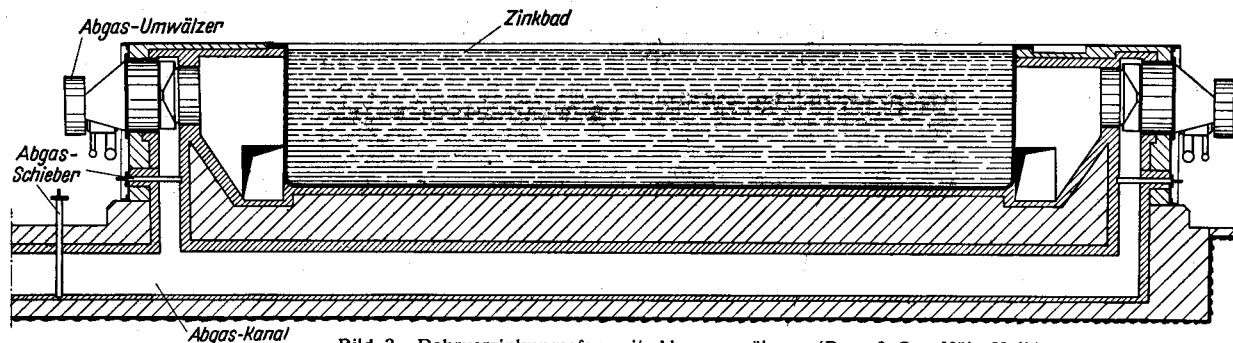


Bild 3. Rohrverzinkungssofen mit Abgasumwälzung (Berg & Co., Köln-Kalk)

Bild 6 zeigt eine patentrechtlich geschützte Ausführung eines Brennstrahlrohres, das eine fast vollkommene Verbrennung des verfügbaren Heizgases oder Heizöles ermöglicht. Da das Brennstrahlrohr wie eine Verbrennungskammer wirkt, wird die Verbrennung in diesem durch die zwangsläufige Umwälzung nicht gestört. Feinst aufgeteilte Öffnungen im Brennstrahlrohr bewirken eine gleichmäßige Aufheizung der umgewälzten Abgasmenge in der Nähe des Brennstrahlrohres (oberer Heizkanal). Außerdem wird die Strahlungswärme des Brennstrahlrohres durch den Umwälzstrom aufgenommen. Die Größenverhältnisse der Strahlrohre sowie die Austrittsöffnungen für die ausbrennenden Flammenspitzen müssen in einem bestimmten Verhältnis zur größtmöglichen Belastung stehen.

beheizung sehr gut bewährt. Die Umwälzgasmenge bleibt in diesen Fällen gleich, und nur die Umwälzgastemperatur wird entsprechend eingestellt und geregelt. Die Umwälzer sind baulich so durchgearbeitet, daß sie ohne weiteres im Dauerbetrieb eingesetzt werden können. Die Lager haben selbsttätige Luftkühlung, die Flügelräder bestehen aus

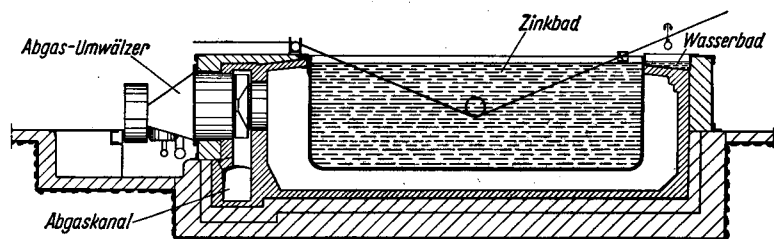


Bild 4. Drahtverzinkungssofen mit Abgasumwälzung (Berg & Co., Köln-Kalk)

hochhitzebeständigem Werkstoff, so daß die Umwälzbeheizung selbst bei Temperaturen bis zu 800° anzuwenden ist.

Die durchschnittliche Wärmebelastung je m² freier Kesselwand liegt bei etwa 30 000 kcal/m² und h, jedoch werden auch Anlagen mit einer Belastung bis zu 70 000 kcal/m² und h betrieben. Diese hohe Belastung bedingt allerdings zwischen Umwälzstrom und Zinkbad einen größeren Temperaturunterschied.

Beim Trockenverzinken, z. B. von Blechen, Fässern, Wasserbehältern und Rohren, hat sich ebenfalls die zwangsläufige Abgasumwälzung gut bewährt. In den hierzu gehörenden Trockenöfen werden die bei der Beheizung der Zinkkessel anfallenden Abgase zum Abtrocknen der Zinkchloridlauge von den zu verzinkenden Teilen ausgenutzt.

Nachstehend ist eine Wärmebilanz einer Blechverzinkungsanlage einschließlich Trockenofen für eine Leistung von 2000 kg Bleche je h gegeben.

Wärmetechnische Berechnung einer Blechverzinkungsanlage

Zinkkessel:

1. Wannenabmessungen: $4,3 \times 1,8 \times 0,75 = 5,8 \text{ m}^3$
Zinkinhalt = $5,8 \times 7,3 = 42,5 \text{ t}$
Badoberfläche = $4,3 \times 0,75 = 3,25 \text{ m}^2$
Ofenaußenwände = 66 m^2
2. Leistung je h = 2000 kg = 200 Blechtafeln je h
($1000 \times 2000 \times 0,6 \text{ mm}^2$)
320 bis 350 g/m² (beidseitig) im Mittel = 335 g/m²
Zinkauflage bei 200 Tafeln = $200 \times 0,335 \times 2 = 134 \text{ kg}$
Zinkbadtemperatur 440 bis 460°, im Mittel 450°

Trockenofen:

1. Ofenabmessungen: Länge 8000 mm, lichte Breite 1500 mm
Ofenaußenwände 53 m^2
Temperatur der Bleche = 120°, Temperatur der Umwälzgase 150°
Leistung des Trockenofens = 2000 kg/h = 200 Tafeln je h
($1000 \times 2000 \times 0,6 \text{ mm}^3$)
Abzutrocknende Feuchtigkeit = $75 \text{ g/Tafel} = 0,075 \times 200 = 15 \text{ kg/h}$ Zinkchloridlauge

Verweilzeit im Ofen je Blech:

$$\frac{60 \times 60}{200} = 18 \text{ s}, \frac{8000}{2000} = 4 \text{ Bleche im Ofen}$$

$$4 \times 18 = 72 \text{ s} = 1 \text{ min } 12 \text{ s}$$

Erforderliche Wärme des Zinkkessels:

Die Wärme setzt sich wie folgt zusammen:

1. Nutzwärme
2. Strahlungsverluste an der Badoberfläche
3. Wandverluste

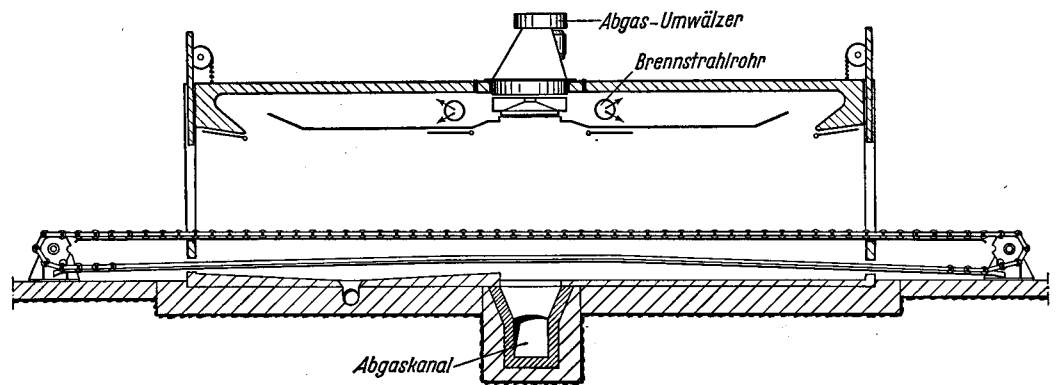


Bild 5. Geschirrtrockenofen mit Abgasumwälzung (Berg & Co., Köln-Kalk)

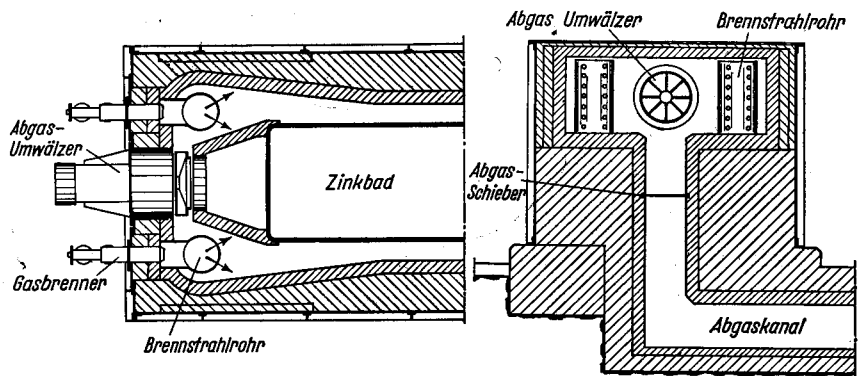


Bild 6. Abgasumwälzheizung (Berg & Co., Köln-Kalk)

1 a) Nutzwärme zum Verzinken:

stündlicher Durchsatz = 2000 kg
bezogene Wärme des Eisens bei 450° = 0,15 kcal/kg °C
Da die Bleche mit 120° dem Trockenofen entnommen werden, sind noch etwa 330° aufzuheizen
 $Q = 2000 \times 0,15 \times 330 = 99 000 \text{ kcal/h}$

b) stündlicher Zinkzusatz = 134 kg

Schmelzwärme = 26,8 kcal
($134 \times 0,1 \times 450$) + $134 \times 26,8 = 9 600 \text{ kcal/h}$

2. Badoberflächenverluste bei 450°:

$F = 3,25 \text{ m}^2$
Strahlungswärme je 1 m² Fläche
= $18 000 \text{ kcal/h}$ $3,25 \times 18 000 = 58 500 \text{ kcal/h}$

3. Wandverluste bei einer Umwälztemperatur von höchstens 600° bei 1 Stein Schamotte und 1 Stein Wärmeschutz:

Wandtemperatur $t_1 = 536^\circ$, $t_2 = 42^\circ = 240 \text{ kcal/h und m}^2$
 $F = 66 \text{ m}^2$, stündliche Wärmeabgabe $66 \times 240 = 15 840 \text{ kcal/h}$
 $182 940 \text{ kcal/h}$

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad nach W. Heiligenstaedt¹⁾ (Zahlentafel 25) η_f bei Ferngas ($H_u = 4000 \text{ kcal/Nm}^3$, $i_0 = 840 \text{ kcal/Nm}^3$, $t_a = 500^\circ$, Luftfaktor 1,2 = 0,76

Wärmeabrechnung in m³ Ferngas:

Erforderliche Wärmemenge = $\frac{182 940}{0,76} = 240 000 \text{ kcal/h}$

Erforderliche Menge Ferngas mit $H_u 4000 = \frac{240 000}{4000} = 60 \text{ m}^3$

Ferngasverbrauch je t = $\frac{60}{2} = 30 \text{ m}^3/\text{t}$ bei 2000 kg/h

¹⁾ Heiligenstaedt, W.: Wärmetechnische Rechnungen für Industrieöfen. 3. Aufl. Düsseldorf 1951. Siehe bes. S. 38 u. 192.

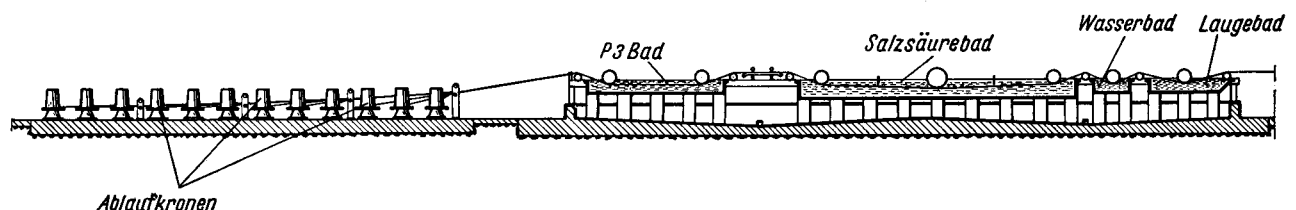


Bild 8. Gesamtansicht einer

Erforderliche Wärme im vorgeschalteten Trockenofen unter Ausnutzung der anfallenden Abgase aus dem Zinkkessel:

1. Nutzwärme (Werkstoff- und Verdampfungswärme)
2. Wandverluste

1 a) Nutzwärme zum Trocknen:

stündlicher Durchsatz = 2000 kg/h

bezogene Wärme des Eisens bei $120^\circ = 0,12 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

$$Q = 2000 \times 0,12 \times 120 = 28\,800 \text{ kcal/h}$$

b) Verdampfungswärme für 1 kg = 539 kcal

$$15 \times 539 = 8\,100 \text{ kcal/h}$$

2. Wandverluste bei einer Umwälttemperatur von 150° :

Wärmeschutz 100 mm, bei 200° Innentemperatur und 100 mm Wärmeschutz, Schlackenwolle.

Nach W. Heiligenstaedt¹⁾ (Zahlentafel 88)

$t_a = 203$, $t_g = 25$, Wandverluste = 85 kcal/m² und h, 53×85

$$= \frac{4\,500 \text{ kcal/h}}{41\,400 \text{ kcal/h}}$$

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad nach W. Heiligenstaedt¹⁾ (Zahlentafel 25) η_f bei Ferngas ($H_u = 4000 \text{ kcal/Nm}^3$, $t_0 = 840 \text{ kcal/Nm}^3$), $t_a = 200^\circ$, Luftfaktor 1,2 = 0,908.

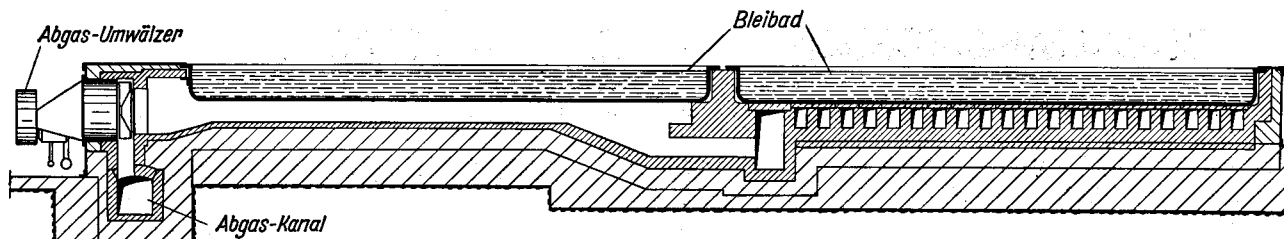


Bild 7. Bleigliühofen für Drähte mit unmittelbarer und Abgasumwältbeheizung (Berg & Co., Köln-Kalk)

Wärmeabrechnung in m³ Ferngas

$$\text{Erforderliche Wärmemenge} = \frac{41\,400}{0,908} = 45\,500 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Erforderliche Ferngasmenge: (mit } H_u 4000) \frac{45\,500}{4000} = 11,4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Die Abgase des Zinkkessels haben beim Eintritt in den Trockenofen noch eine Temperatur von etwa 300° .

Die Abgaswärme beträgt am Austritt des Zinkkessels (s. Wärmeabrechnung)

$$\text{bei } 500^\circ: 240\,000 - 182\,940 = 57\,060 \text{ kcal}$$

$$\text{bei } 300^\circ: 60 \times 5 \times 300 \times 0,355 = 32\,000 \text{ kcal.}$$

Die Wärmemenge wird zu 60 % im Trockenofen nutzbar gemacht. 60 % von 32 000 = 19 200 kcal.

$$45\,500 - 19\,200 = \frac{26\,300}{4000} = 6,60 \text{ m}^3 \text{ Ferngas je h, zusätzlicher Gasverbrauch des Trockenofens.}$$

$$\text{Gesamt-Gasverbrauch je t verzinkter Bleche für Zinkkessel und Trockenofen} = 60 + 7 = \frac{67}{2} = 33,5 \text{ m}^3/\text{t}.$$

Diese errechneten Gasverbrauchszahlen wurden mit einem Spielraum von höchstens + 10 % im Dauerbetrieb erreicht.

Auch bei Drahtverzinkungsanlagen hat sich die zwangsläufige Umwältbeheizung gut bewährt. Da bei den flachen Drahtverzinkungskesseln nur eine verhältnismäßig kleine Wandfläche für die Wärmeübertragung zur Verfügung steht,

muß man hier auch den Kesselboden als Wärmeübertragungsfläche mit heranziehen. Durch den geringen Temperaturunterschied zwischen Zinkbad und Umwältgasstrom sowie durch den Schutz des Kesselbodens durch eine Bleischicht ist die Bodenbeheizung nicht nachteilig. Genau wie bei den Verzinkungskesseln für Bleche und Geschirre ist es hier sehr wichtig, daß Umwältgasmenge, Umwältgastemperatur und Geschwindigkeit der Umwältgase in einem guten Verhältnis zueinander stehen.

Beim Drahtglühen im Bleibad erreicht man ebenfalls sehr gute Erfolge mit der zwangsläufigen Umwältbeheizung. Bild 7 zeigt ein unterteiltes Bleibad für eine Glüh Temperatur von 720 bis 730° . Die Unterteilung des Bleibades hat den Vorteil, daß nur der zweite Teil des Bades der hohen Außentemperatur ausgesetzt ist. Die zwangsläufige Umwältbeheizung gestattet es, sämtliche anfallenden Abgase aus dem zweiten, unmittelbar beheizten Teil des Bleibades im ersten Teil zur Vorwärmung auszunutzen. Die Abgase werden durch zusätzliche Brennstrahlrohre wieder aufgeheizt.

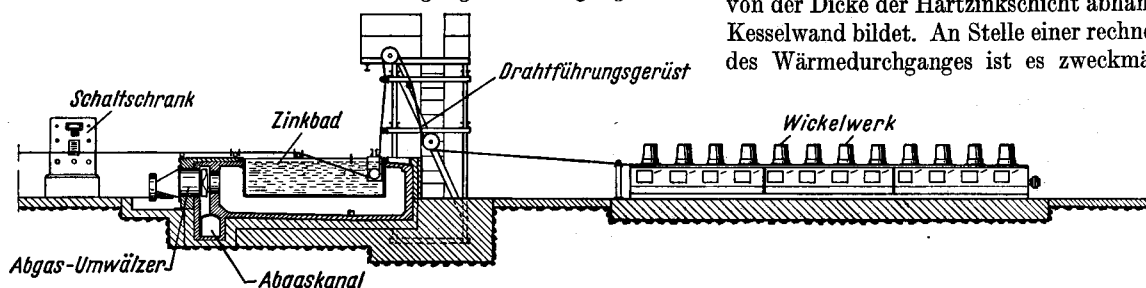
Im ersten Teil beträgt die Bleibadtemperatur etwa 400° . Damit wird also erreicht, daß die Abgasverluste weit geringer

sind als bei einem nicht unterteilten Bleibad, und außerdem ist für die erste Hälfte des Bleibades eine lange Haltbarkeit gewährleistet.

Bild 8 zeigt eine vollständige Drahtverzinkungsanlage von den Ablaufkronen bis zur Aufwickelmaschine. Genau wie Verzinkungsanlagen für einzelne durchlaufende Drähte lassen sich auch Verzinkungsanlagen für Drahtgeflechte mit gutem Erfolg mit zwangsläufiger Umwältbeheizung betreiben (Bild 9).

B. Beheizung durch selbstansaugende Abgas-Umwältbrenner

Für die Heizanlage eines Verzinkungskessels ist das stündlich durchgesetzte Gewicht des Verzinkungsgutes bestimmend, und zwar müssen Heizanlage und beheizte Kesselfläche so aufeinander abgestimmt werden, daß die Kesselinnenwand-Temperatur eine bestimmte Höhe nicht überschreitet. Die Höhe dieser Temperatur (t_3 , Bild 10) ist durch die bei steigender Temperatur stark zunehmende Eisenabtragung an der Kesselwand gegeben. Rechnerisch verwertbare Unterlagen über die Wärmeübergangszahl zwischen Kesselwand und Zink ($\alpha_{3,4}$) liegen nicht vor. Die Ermittlung dieser Zahl an in Betrieb befindlichen Kesseln stößt auf Schwierigkeiten, da außer den Temperaturen t_3 und t_4 auch der Wärmefluß an der Meßstelle bekannt sein muß. Die Wärmeübergangszahl ist außerdem von der Dicke der Hartzinkschicht abhängig, die sich auf der Kesselwand bildet. An Stelle einer rechnerischen Ermittlung des Wärmedurchganges ist es zweckmäßiger, auf die Er-



Drahtverzinkungsanlage (Berg & Co., Köln-Kalk)

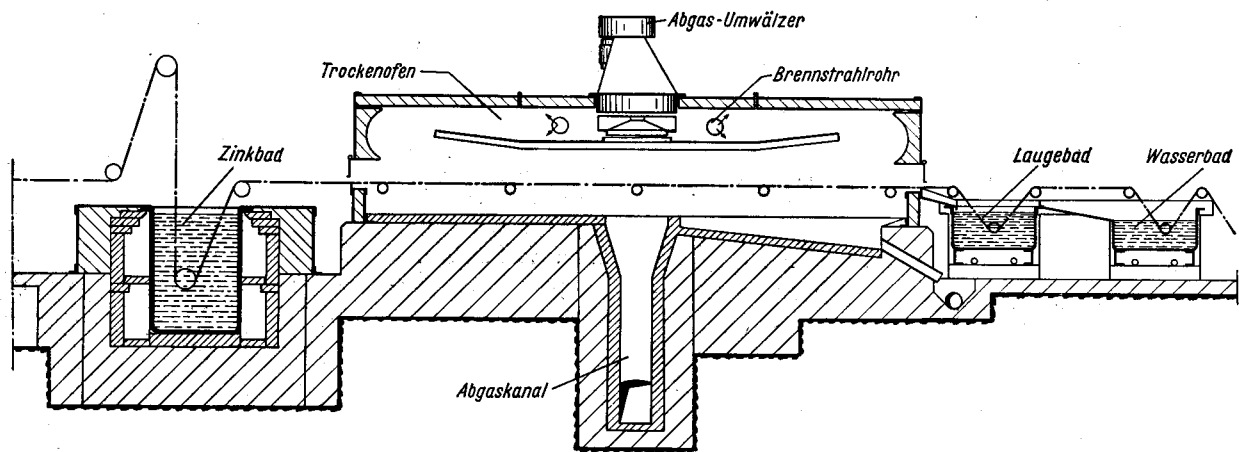


Bild 9. Drahtgeflecht-Verzinkungsanlage mit Abgasumwälzung (Berg & Co., Köln-Kalk)

fahrungen bei ausgeführten Anlagen zurückzugreifen. Als Grundlage dient hierbei die stündliche Wärmebelastung je m^2 beheizter Kesselfläche. Die Wärmebelastung eines Kessels ergibt sich aus der durch die Kesselwand zugeführten Wärmemenge, geteilt durch die beheizte Kesselfläche. Dabei ist die gesamte, durch den Kessel gehende Wärmemenge die Summe aus den Badoberflächenverlusten, der Erwärmung des Verzinkungsgutes und dem Wärmearaufwand für den Zinkeinsatz. Die beheizte Kesselfläche ergibt sich aus der beheizten Kessellänge und der beheizten Kesseltiefe (= Höhe vom Hartzink- bis Zinkbadspiegel). Die Kesselabmessungen richten sich vor allem nach der Art des Verzinkungsgutes, dann nach dem je Zeiteinheit durchgesetzten Gewicht und schließlich nach der Arbeitsweise. Dabei ist zu beachten, daß das Gut die Seitenwände des Kessels nicht berührt und die abgesetzten Hartzinkmengen beim Eintauchen der Ware nicht aufgerührt werden. Die üblicherweise angegebene Kesselbelastung in kg Verzinkungsgut je m^2 beheizter Kesselfläche und Stunde ergibt für die verschiedensten Kesselabmaße wieder andere Werte, weil das Verhältnis von freier Badoberfläche zu beheizter Kesselfläche anders sein kann. Nimmt man einen Kessel an, bei dem sich das Verhältnis von Badoberfläche zu beheizter Kesselwand wie 0,5:1 verhält, dann ergibt sich bei einer Belastung von 100 kg je m^2 und h eine Wärmebelastung von $0,5 \times 15\,000 + 100 \times 60 + 10 \times 70 = 7500 + 6000 + 700 = 14\,200$ kcal je m^2 und h; bei einem Verhältnis von 0,25:1 und 100 kg/ m^2 ergibt sich die Wärmebelastung zu $0,25 \times 15\,000 + 100 \times 60 + 10 \times 70 = 3750 + 6000 + 700 = 10\,450$ kcal je m^2 und h. Dabei betragen die Abstrahlverluste der Oberfläche etwa 15 000 kcal je m^2 und h, während für das Gut etwa 60 kcal je kg und h und für 10 % Zinkeinsatz rd. 70 kcal je kg und h benötigt werden. Dieses Beispiel ist willkürlich gewählt und soll nur zeigen, daß die Kesselbelastung in kg Verzinkungsgut je m^2 und h nicht grundsätzlich für alle Kesselabmessungen anwendbar ist.

Bei in Betrieb befindlichen, durchlaufend arbeitenden Hochleistungskesseln wurden Wärmebelastungszahlen von 30 000 kcal je m^2 und h erreicht und zeitweilig sogar überschritten. Um bei dieser Belastung eine befriedigende Kesselhaltbarkeit zu erlangen, ist eine auf längere Zeit gleichbleibende Durchsatzleistung und vor allem eine äußerst gleichmäßige Beheizung Voraussetzung. Zweckmäßig ist jedoch, auch bei durchlaufend arbeitenden Kesseln eine Wärmebelastung von 25 000 kcal je m^2 und h nicht zu überschreiten. Bei Kesseln mit wechselndem Durchsatz dürfte eine Belastung von 20 000 kcal je m^2 und h die oberste Grenze bilden.

Der Wärmedurchgang durch die Kesselwand und der Wärmeübergang von der inneren Kesselwand zum Zink kann

vom Ofenbauer nur durch die Wahl der Kesselabmessungen beeinflusst werden, während der äußere Wärmeübergang zwischen Heizmittel und Kesselaußenwand durch besondere Maßnahmen, z. B. durch Erhöhen der Heizgasgeschwindigkeit, in gewissen Grenzen zu beeinflussen ist.

Bild 10 zeigt einen Brenneinbau, wie er bei großen Hochleistungskesseln für die Verzinkung von Rohren und Sonderformen angewendet wird. Der Brenner ist senkrecht angeordnet, und der austretende Brennstrahl saugt sich in einem Diffusor einen Teil des abgekühlten Abgases an. Durch Mischung der heißen Frischgase mit dem abgekühlten

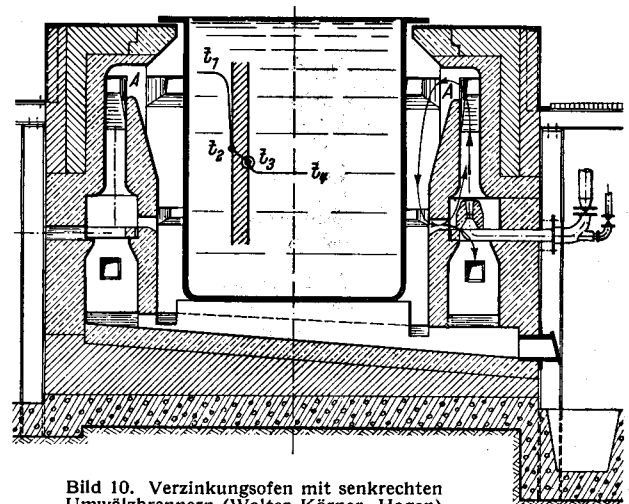


Bild 10. Verzinkungssofen mit senkrechten Umwälzbrennern (Walter Körner, Hagen)

Umwälzgas erhält man eine vergrößerte Heizgasmenge mit geringerer Temperatur. Die vergrößerte Heizgasmenge bedingt zugleich eine größere Geschwindigkeit und damit eine Erhöhung des Wärmeübergangs durch Konvektion, der im oberen Teil des Kessels noch durch die Gas- und Wandstrahlung aus dem Raum A (Bild 10) unterstützt wird. Die gezeigte Beheizungsart kommt außerdem dem Wärmebedarf des Kessels entgegen, der, bedingt durch die Badoberflächenverluste und die Wärmefortnahme des Verzinkungsgutes, im oberen Bereich am größten ist und nach unten abnimmt. Um Kesselüberhitzungen im Gebiet der Hartzinkbildung zu vermeiden, werden die Abgase über dem Hartzinkspiegel in den Abgaskanal geführt. Aus dem gleichen Grunde und um ein Aufwirbeln des Hartzinks zu unterbinden, bleibt der Kesselboden unbeheizt. Zur möglichst gleichmäßigen Beheizung der Kessellängswände werden eine Vielzahl senkrechter Brenner in möglichst engen Abständen nebeneinander angeordnet. Die Brenner werden nach einer erstmaligen Einzeleinstellung gemeinsam geregelt.

Beim Bau von Verzinkungsöfen ist nicht zuletzt noch auf eine möglichst niedrige Speicherwärme des Ofenmauerwerkes zu achten. Dies gilt besonders für Öfen mit großen Durchsatzleistungen. Stockt die Warezufuhr plötzlich, so steigt auch bei sofort abgestellter Heizeinrichtung die Zinkbadtemperatur so lange, bis die aus dem Mauerwerk in den Kessel abstrahlende Speicherwärme gleich den Badober-

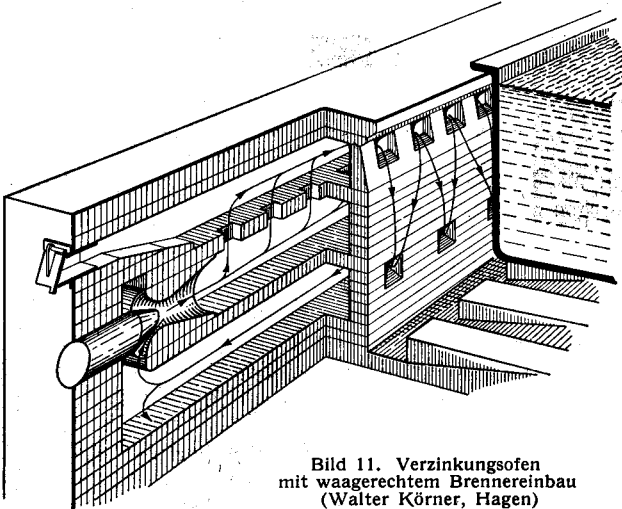


Bild 11. Verzinkungs-ofen mit waagerechtem Brenneinbau (Walter Körner, Hagen)

flächenverlusten ist. Hieraus ergibt sich zwangsläufig die Forderung, Temperatur und Gewicht der strahlenden Wände möglichst niedrig zu halten.

Bei kleineren Kesseln und bei Kesseln mit geringerer Wärmebelastung erfolgt der Brenneinbau waagerecht (Bild 11). Die Brenner sind an einer oder an beiden Stirnseiten so angeordnet, daß sie aus dem darunter befindlichen Abgaskanal abgekühltes Heizgas ansaugen. Das Heizgasgemisch tritt aus dem Brennkana durch einstellbare Öffnungen in den oberen Verteilkanal, von hier aus durch

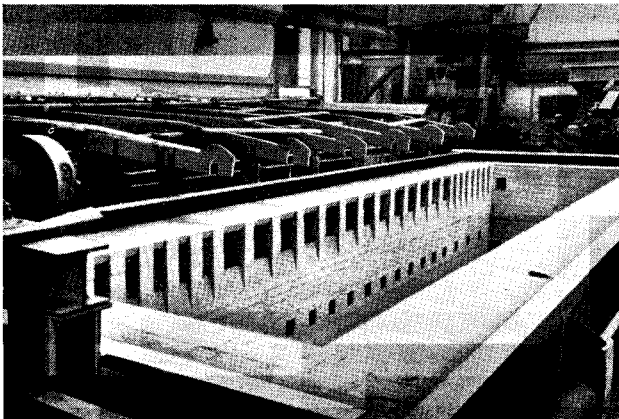


Bild 12. Inneres Mauerwerk eines Verzinkungs-ofens mit senkrechten Umwälzbrennern (Walter Körner, Hagen)

Schlitze an den oberen Teil der Kesselwandungen und wird auch hier wieder in bestimmter Höhe über dem Kesselboden zum Abgaskanal geführt. Bei besonders tiefen Kesseln, wie sie zum Blechverzinken und zum Verzinken von Förderwagen gebraucht werden, können mehrere solcher Heizgänge übereinander angeordnet werden. Die Brennerleistung wird dann entsprechend dem verschiedenen Wärmebedarf des Kessels der Höhe nach abgestuft. Bild 12 zeigt das Mauerwerk eines Ofens für die Rohrverzinkung mit senkrechten Umwälzbrennern. Bild 13 stellt einen Drahtverzinkungs-ofen mit waagerechtem Brenneinbau dar, gleichzeitig für Fern- und Gichtgasverwendung.

Bei der heute zumeist angewandten Trockenverzinkung wird außer dem Verzinkungs-ofen noch eine Trockeneinrichtung benötigt. Beim Verzinken von Kleinteilen genügt eine Trockenplatte, die durch die Abgase des Verzinkungs-ofens mit beheizt wird. Bei gleichartigen Massengütern werden die Trockenöfen vielfach als Durchlauftrockenöfen gebaut, die in ihren Abmessungen und ihrer Leistung auf

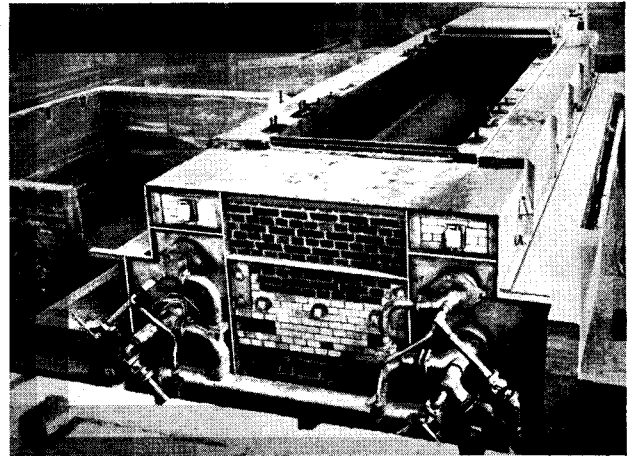


Bild 13. Drahtverzinkungs-ofen mit waagerechtem Umwälzbrennern (Walter Körner, Hagen)

das Verzinkungsgut zugeschnitten sind. Derartige Öfen werden ausschließlich mit Umwälzlüftern (zwangmäßige Umwälzung) ausgerüstet. Die Beheizung erfolgt auch hier durch die Abgase des Verzinkungs-ofens, und soweit diese nicht ausreichen, durch Zusatzbrenner.

Bei besonders hohen Ansprüchen an die Temperaturgleichmäßigkeit kann der Zinkkessel noch in einen zweiten Kessel eingesetzt werden, wobei der Zwischenraum zwischen den beiden Kesseln mit Blei gefüllt wird. Dieser Aufwand ist jedoch nur bei Hochleistungsanlagen gerechtfertigt.

Eine einfache Beheizung mit einem Bleikessel, die sich allerdings nur für kleinere Anlagen eignen dürfte, zeigt

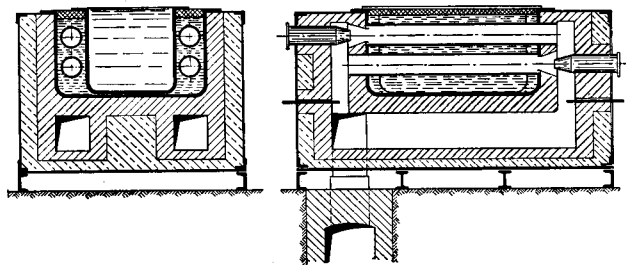


Bild 14. Verzinkungs-ofen mit Gasbeheizung (Walter Körner, Hagen)

Die Beheizung erfolgt durch Heizrohre, die in die Längsseiten der umgebenden Bleiwanne eingebaut sind. Die Brenner werden wechselweise eingebaut, und auch hier saugen die Brenner selbst abgekühltes Abgas aus dem Abgaskanal an.

Die bisherigen Ausführungen beziehen sich auf Öfen, die mit Stadt- oder Ferngas beheizt werden. Die gleichen Beheizungsarten können auch bei geeigneter Brennerausbildung und Größe der Verbrennungsräume für Öfen mit Gichtgas-, Generatorgas- oder Ölbeheizung angewendet werden. In Betrieben, in denen kein Gas zur Verfügung steht, wird man zunächst an die Aufstellung elektrisch beheizter Öfen denken, die in ihrer Gleichmäßigkeit und in ihrem speicherarmen Aufbau allen anderen Beheizungsarten überlegen sind. Erst wenn die Stromkosten kein wirtschaftliches Arbeiten erlauben, wird man erwägen, kohlebeheizte Öfen anzuschaffen,

und auch dann wird man möglichst die unmittelbar angebaute Feuerung vermeiden.

In größeren Betrieben, in denen mehrere große Verzinkungsöfen arbeiten und gegebenenfalls noch weitere Glüh- oder Wärmöfen in Betrieb sind, wird zweckmäßig eine gemeinsame Anlage für gereinigtes Generatorgas erstellt. Voraussetzung ist hierfür jedoch, daß in der Gasabnahme keine allzu großen Schwankungen auftreten und

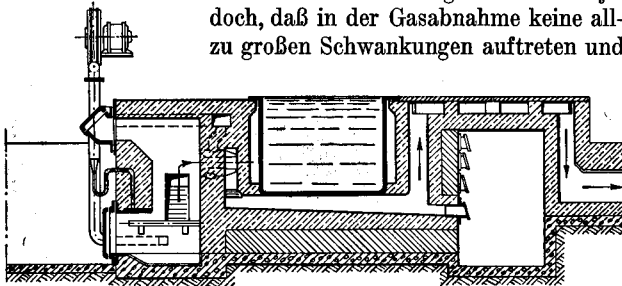


Bild 15. Verzinkungsöfen mit angebautem Schachtvergaser

der laufende Gasbedarf so groß ist, daß sich die Aufstellung eines Drehrostgaserzeugers mit Reinigungseinrichtung und seiner stetigen Wartung lohnt. In Hüttenbetrieben, in denen Hochofengas zur Verfügung steht, wird man vor allem dieses Gas verwenden, das sich bei den erforderlichen niedrigen Temperaturen ganz besonders für die Beheizung von Verzinkungsöfen eignet. Anlagen mit einem oder mehreren kleinen bis mittelgroßen Verzinkungsöfen, z. B. in Lohnverzinkereien, können mit Generatorheißgas beheizt werden, das in einem rostlosen Kleingenerator erzeugt wird. Hierbei gilt als Bedingung, daß Ofen und Gaserzeuger nicht zu weit auseinander stehen, um eine möglichst kurze und gerade Heißgasleitung zu erhalten, die leicht gereinigt werden kann. Der Gaserzeuger kann meist von den Verzinkern mit betätigt werden.

Einzelverzinkungsöfen können auch mit angebautem Vergasungsschacht ausgerüstet werden (Bild 15). Der Brennstoff wird von oben aufgegeben. Um unabhängig von

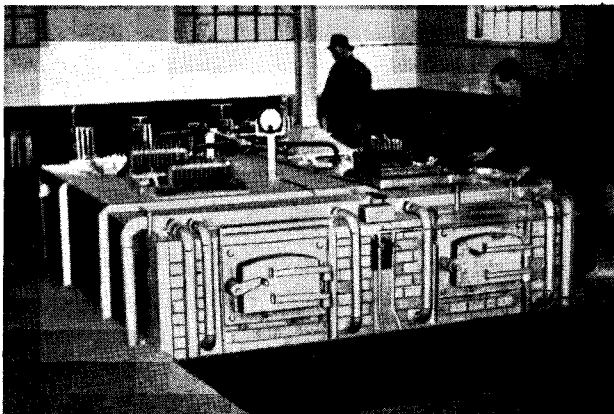


Bild 16. Feindraht-Verzinkungsöfen mit angebauten Vergasungsschächten

der Füllhöhe eine möglichst gleichbleibende Gasmenge von gleicher Güte zu erhalten, wird die Feuerung mit unterem Abbrand ausgerüstet. Das anfallende Gas wird unter Zuzusammensetzung der Zweitluft in Steinbrennern verbrannt. Durch einen abgasgefüllten Zwischenraum zwischen Feuerung und Kessel wird der Einfluß der Speicherwärme von der Feuerungsseite zum Kessel weitgehend ausgeschaltet. Gleichzeitig dient dieser Zwischenraum zur Rückführung der Abgase zu den Brennern, die ebenso wie bei den ferngasgefeuerten Öfen einen Teil der Abgase ansaugen und umwälzen. Beim Bau des Ofens muß darauf Rücksicht genommen werden, daß alle Züge leicht gereinigt werden können. Auch bei dieser Beheizungsart wird der Kessel nicht

verkleidet, und die Abgase treten unmittelbar an die Kesselwandungen. Die Regelung des Ofens erfolgt durch gleichzeitiges Verstellen der Drosselklappen für die Erst- und Zweitluft der Feuerung. Nach dem Verlassen des Ofens dienen die Abgase zum Beheizen einer Trockenplatte und können anschließend noch zum Aufwärmen eines Laugenbades benutzt werden. Ein Beispiel für zwei nebeneinanderliegende Feindrahtverzinkungsöfen mit Kohlebeheizung einschließlich dem vorerwähnten Vergasungsschacht zeigt Bild 16.

Der Wärmebedarf von Verzinkungsanlagen schwankt je nach der Kesselgröße und nach der Art und dem Gewicht des durchgesetzten Gutes. Für den ganzen Verzinkungsbereich lassen sich keine gültigen Werte angeben. Im nachfolgenden soll als Beispiel eine Blechverzinkungsanlage herangezogen werden.

Die Anlage hat einen Kessel von 0,7 m Breite und 4 m Länge. Der zugehörige Trockenofen von 10 m Länge wird durch die Abgase des Verzinkungsöfens mit beheizt. In der Anlage werden stündlich 110 Blechtafeln ($1000 \times 2000 \times 1 \text{ mm}^2$) mit einem Gesamtgewicht von etwa 1730 kg verzinkt.

Der Leerverbrauch des Ofens beträgt:

bei Fern- oder Stadtgasbeheizung rd. 35 Nm^3 mit $H_u = 4000 \text{ kcal/Nm}^3$

bei gereinigtem Generatorgas rd. 120 Nm^3 mit $H_u = 1250 \text{ kcal/Nm}^3$

bei Beheizung mit Kleinvergasern oder bei angebauten Schachtvergasern rd. 50 kg Braunkohlenbriketts.

Beim Verzinken und einem stündlichen Durchsatz von 1730 kg werden verbraucht:

etwa 75 Nm^3 Fern- oder Stadtgas oder

260 Nm^3 gereinigtes Generatorgas oder

110 kg Braunkohlenbriketts.

Abschließend soll noch kurz auf die selbsttätige Temperaturregelung für Verzinkungsöfen eingegangen werden. Mit Rücksicht auf die Hartzinkbildung an der Kesselwand und auf die Zinkauflage des Gutes muß die Badtemperatur in engen Grenzen gehalten werden. Hierzu eignen sich alle Reglerarten, die zum Ausgleich der Bad-speicherwärme eine thermische Rückführung haben. Bei Kesseln mit höherer Wärmebelastung wird zweckmäßig mit zwei Temperaturreglern gearbeitet, von denen der erste Regler die Badtemperatur gleich hält, während der zweite die Heizgastemperatur nach oben begrenzt. Durch diese Maßnahme wird ein Überheizen des Kessels weitgehend vermieden. Ein Nachpendeln der Badtemperatur bei hoch belasteten Kesseln vor allem zu Beginn und am Ende der Arbeitszeit kann mit einer selbsttätigen Temperaturregel-einrichtung nicht vollständig ausgeschaltet werden. Man könnte zwar einen Zeitregler vorsehen, der die Heizleistung eine bestimmte Zeit vor Beginn des Durchsatzes erhöht und ebenfalls eine gewisse Zeit vor Beendigung abschaltet. Dies würde jedoch voraussetzen, daß immer gleiche Durchsatz-verhältnisse vorliegen, wie sie bestenfalls bei Drahtver-zinkungsanlagen vorkommen. Immerhin gibt eine selbst-tätige Regelanlage die Sicherheit, daß Temperaturspitzen, die durch Bedienungsfehler entstehen können, abgeschnitten werden. Größere Anlagen sind außerdem noch mit Tempe-raturschreiber, Gemischanzeiger und Gasdruckmesser aus-zurüsten. Die Meß- und Regelwarte muß vor den schädlichen Einflüssen des Verzinkereibetriebes geschützt sein.

C. Elektrische Beheizung von Verzinkungskesseln

Obwohl im westdeutschen Raum elektrisch beheizte Verzinkungsbäder mit Rücksicht auf das Energiekosten-verhältnis Strom/Ferngas selten sind, dürfte es zweckmäßig sein zu wissen, wie elektrisch beheizte Anlagen gebaut und welche Ergebnisse damit erreicht werden.

Die nachfolgenden Angaben stützen sich vor allem auf Erfahrungen, die durch Anlagen in Deutschland und in der Schweiz gesammelt werden konnten.

Die meisten in diesen Ländern elektrisch beheizten Anlagen dienen zum Verzinken von Eisenbauteilen, von Behältern oder von Rohren, nur wenige Anlagen zum Verzinken von Drähten. Elektrisch beheizte Anlagen für die Blechverzinkung sind in diesen Ländern wissentlich nicht ausgeführt. Das Fehlen solcher Anlagen ist auch nicht verwunderlich, da in den Industriegebieten, in denen sich größere Blechverzinkungsanlagen befinden, billiger mit Ferngas gearbeitet werden kann. Zuerst sollen allgemeine Heizungsfragen im Zusammenhang mit der richtigen Bemessung der elektrisch beheizten Verzinkungskessel behandelt werden.

Von der Kesselheizung wird verlangt, daß dem Bad genügend Wärme zugeführt wird, damit es dauernd die richtige Temperatur hält, daß die vorgeschriebene Menge der zu verzinkenden Teile auf Temperatur gebracht werden kann und daß die Wärmeverluste des Bades gedeckt werden. Die Wärmezufuhr zum Zinkbad erfolgt bei elektrisch beheizten Bädern in den meisten Fällen von außen durch die Wannenwände. Eine Ausnahme bilden Bäder, die von oben her durch Bestrahlung der Badoberfläche beheizt werden und induktiv beheizte Bäder.

Den Wärmebedarf eines Bades errechnet man aus den Wärmeverlusten der Badoberfläche und der Ofenwände, dem Bedarf für das Erwärmen des Verzinkungsgutes und dem Bedarf für das Einschmelzen von Zink, das entsprechend dem Zinkverbrauch nachgefüllt werden muß. Eine diesem Bedarf entsprechende Wärmemenge wäre sehr einfach zuzuführen, wenn die Temperatur im Ofenraum beliebig hoch gewählt und damit das Wärmegefälle zwischen Bad und Heizraum beliebig gesteigert werden könnte. Mit Rücksicht auf die verstärkt einsetzende Hartzinkbildung, wenn die Temperatur an der Innenwand des Kessels eine bestimmte Grenze übersteigt, ist das jedoch unmöglich. Man kann also die Heizflächenbelastung eines Kessels nicht beliebig steigern und rechnet mit etwa 15 bis 20 kW/m² beheizter Kesselfläche, das sind anders ausgedrückt 13 000 bis 17 000 kcal/m² und h.

Da die bezogene Wärme von Zink bei 450° etwa 0,1098 kcal/kg °C ist, die des zu erwärmenden Stahles bei 0,161 kcal/kg °C für 450° liegt, muß der Kessel eine genügende Zinkmenge enthalten, um den Wärmebedarf des Verzinkungsgutes zu decken. Nach einer Faustformel errechnet man den stündlich zu erreichenden Durchsatz mit etwa 4 bis 5 % des Wanneninhaltes, d. h., um 1 t Stahl durchzusetzen, sind 25 bis 20 t Zink im Bad notwendig. Ein wesentlicher Anteil des Wärmebedarfes eines Verzinkungsbades sind die Abstrahlverluste der Badoberfläche. Man sollte daher immer versuchen, die Oberfläche möglichst klein zu halten und die Abstrahlung durch geeignete Badabdeckung zu verringern. Die Strahlungsverluste der Oberfläche eines Bades von 450° mit blanker Oberfläche liegen bei etwa 17,5 kW/m², mit flußmittelbedeckter Oberfläche bei etwa 11 kW/m², mit Zinkasche bedeckter Oberfläche bei etwa 9 kW/m² und mit zusätzlicher Abdeckung durch einen wärmeschützenden Deckel bei etwa 4 kW/m².

Bei ungünstig gewählter und blanker Badoberfläche ist es also durchaus möglich, daß die Abstrahlverluste mehr als das Doppelte der zur Erwärmung des Gutes rechnerisch erforderlichen Wärmemenge betragen und damit den Wirkungsgrad stark herabsetzen.

Der Stromverbrauch eines Bades im Leerlauf ist somit in der Hauptsache von der Größe der Badoberfläche und der Badabdeckung abhängig. Daher sollte man das Bad in Betriebs-

pausen stets mit Zinkasche abdecken und zusätzlich einen durch Schlackenwolle wärmegeschützten Deckel auflegen.

Der Stromverbrauch eines Bades im Betriebszustand ist ebenfalls von den Wärmeverlusten abhängig, die für eine bestimmte Badgröße bei einem bestimmten Oberflächenzustand einen Festwert darstellen, und außerdem vom Durchsatz. Größerer Durchsatz senkt den bezogenen Stromverbrauch.

Den Stromverbrauch eines Bades mit 160 kW Anschlußwert und 43 t Zinkinhalt zeigt Bild 17. Das Bad leistet höchstens 1 t Durchsatz je h, wobei der Stromverbrauch bei diesem Durchsatz im Schnittpunkt der beiden Linienzüge mit rd. 130 kWh/t liegt. Der Durchsatz könnte gesteigert werden, wenn eine höhere Heizleistung eingebaut würde, wobei der Energieverbrauch je t sinken würde. Linienzug 1 bestätigt, daß der bezogene Energieverbrauch mit zunehmendem Durchsatz sinkt. Linienzug 2 zeigt, welche Heizleistung

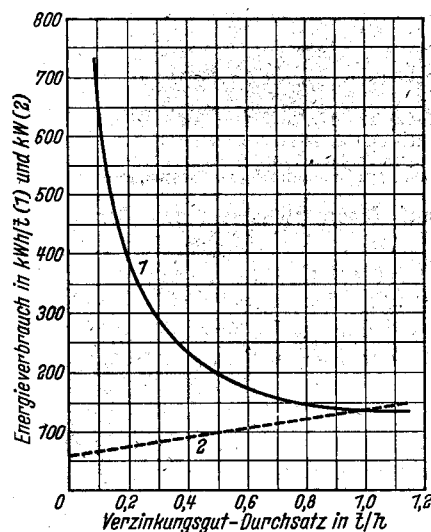


Bild 17. Energieverbrauch eines elektrischen Zinkbadeofens in Abhängigkeit von der Durchsatzmenge (Brown, Boveri & Cie., Mannheim)

bei verschiedenen Durchsatzmengen erforderlich ist. Er bezieht sich allerdings auf ein Bad, das zur Hälfte durch eine Salmiakschicht oder durch Zinkasche abgedeckt ist.

Die elektrische Beheizung der Verzinkungskessel erfolgt in den meisten Fällen durch Strahlung von Heizkörpern aus, die außerhalb des Kessels an den Seitenwänden der Ofenausmauerung freistehend angeordnet sind. Die wendelförmigen Heizkörper sind auf keramischen Tragrohren aufgehängt, während die Hintermauerung aus einer Leichtschamotte mit Wärmeschutzstoff besteht. Diese Bauweise ist speicherarm und vermeidet das Nachheizen einer Schamottewand mit hoher Speicherwärme. Das Einlegen der Heizwendel in Rillensteinen hat sich insofern als nachteilig erwiesen, als bei einem Wannendurchbruch die Rillen voll Zink laufen und dadurch nicht nur die Ausmauerung, sondern auch die Heizkörper zerstört werden. Bei Tragrohren als Aufhängung der Heizkörper können an den Heizkörpern nur geringfügige Schäden entstehen. Zusätzlich wird im Ofenboden eine Kontaktvorrichtung vorgesehen, um das Undichtwerden des Kessels rechtzeitig zu erkennen. Zwei Kontakte werden im tiefsten Punkt der gemauerten Rinnen eingebaut, die durch ausfließendes Zink kurzgeschlossen werden und ein Alarmzeichen betätigen. Hierdurch werden auch kleine Wannenundichtigkeiten gemeldet.

Wie Bild 18 zeigt, sind die Heizkörper rings um die Wanne angeordnet. Um keine Energieanhäufung in den Ecken zu bekommen, werden hier die Wendel auseinandergezogen. Diese Anordnung der Heizkörper bewirkt eine sehr gleichmäßige Wärmeverteilung im Kessel. Einzelne über-

mäßig heiße Stellen können daher nicht auftreten. Als Heizleiterwerkstoff wird allgemein eine Güte mit 30 % Ni gewählt, das ist ein Heizleiter, der für Temperaturen bis 1100° in ruhender Luft erhitzt werden darf. Da im Ofenraum nur mit etwa 500 bis 600° gerechnet werden kann, ist die Haltbarkeit der Heizleiter fast unbegrenzt. Die Wanne steht

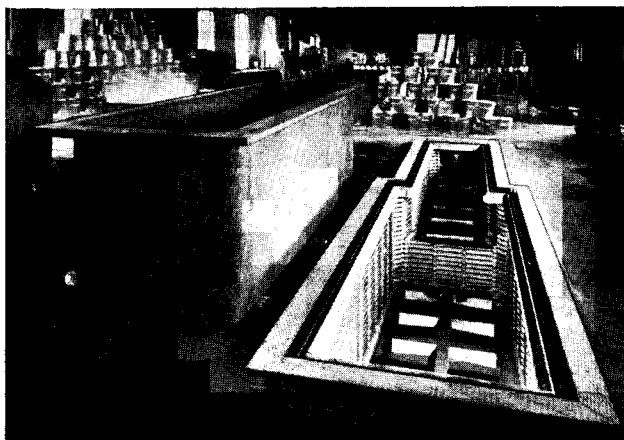


Bild 18. Elektrisch beheiztes Verzinkungsbad zum Verzinken von Behältern; Ofen ausgemauert und mit Heizkörpern ausgerüstet zur Aufnahme der danebenstehenden Wanne (Brown, Boveri & Cie., Mannheim)

im Ofen auf Schamottebalken, zwischen denen sich mit Gefälle gemauerte Ablaufrinnen für auslaufendes Zink befinden. Oben am Ofenrand ist eine Dichtungsrinne vorgesehen, die mit Schlackenwolle oder Asbest ausgefüllt und vom Bordrand des Kessels überdeckt wird.

Die Kessel sind gewöhnlich vollständig unter Flur oder nur wenig über Flur eingebaut. Die Badtemperatur wird vollselbsttätig geregelt. Zur Temperaturüberwachung dienen im Ofenraum und auch im Bad eingebaute Thermoelemente. Manchmal erfolgt die Regelung auch nur vom Ofenraum aus, während die Badtemperatur zeitweise durch Messungen mit einem Temperaturanzeigergerät überwacht wird. Die Regelung erfolgt selbsttätig durch Zu- und Abschalten aller oder einzelner Heizwendel über Schaltschütze. Der Anstoß hierzu wird von Temperaturreglern gegeben. Die vorgesehene Ofen- oder Badtemperatur wird an diesen Reglern eingestellt. Wird die zugeführte Wärmemenge zu groß und der am Regler eingestellte Soll-Wert überschritten, so schaltet das zugehörige Schütz die Heizkörper aus. Dabei verwendet man bei größeren Bädern eine Unterteilung der Heizung in zwei oder drei voneinander unabhängige Heizgruppen, deren jede die Hälfte oder ein Drittel der Badlänge beheizt.

Jede Gruppe wird von einem besonderen Temperaturregler durch Umschaltung und Ein/Aus-Regelung gesteuert. Die Stufenschaltung arbeitet so, daß zunächst z. B. nur ein Drittel der ineinander verschachtelten Heizkörper abgeschaltet wird, dann bei noch geringerem Wärmebedarf das nächste Drittel. Eine Unterteilung in zwei Heizgruppen mit je zwei nacheinander abschaltbaren Zweigen zeigt das Bild 19. Bei dieser Anlage sind die rechte und linke Badhälfte in je zwei Heizgruppen unterteilt, deren jede durch einen Regler gesteuert wird. Regler 1 schaltet z. B. zuerst den ausgezogenen Teil der linken Gruppe ab, der ganz unten und zum Teil weiter oben liegt, und später den gestrichelten Teil der Gruppe. Regler 2 verfährt auf der rechten Seite entsprechend. Jede der beiden Heizgruppen hat also die Leistungsstufe 100, 50 und 0 %.

Die Heizleistung wird allgemein so berechnet, daß die Schaltschütze und damit der Strom bei voller Badausnutzung während 80 % der Zeit eingeschaltet bleiben.

Da die elektrische Strahlungsheizung, ähnlich wie auch die Strahlrohre in gasbeheizten Öfen, sehr gleichmäßig arbeitet, ist die Beheizung durch Konvektion kaum angewendet worden und dürfte auch keine Vorteile bringen. Eine andere Beheizungsart ist die Wärmezufuhr über ein Bleibad; darauf soll noch später eingegangen werden.

Eine Beheizung durch Strahlung von Heizkörpern, die über der Badoberfläche²⁾ angeordnet sind, wurde bereits ausgeführt; sie erlaubt, eine keramische Wanne zu verwenden. Größere Leistungen dürften jedoch kaum auf der verfügbaren Fläche unterzubringen sein, ausgenommen bei einem Drahtverzinkungsbad, bei dem nur der Ein- und Auslauf der Wanne unbedeckt sein muß.

Eine weitere Beheizungsart, die es gestattet, keramische Wannen zu verwenden, ist die induktive Beheizung. Sie ermöglicht; sehr große Heizleistungen auf kleinem Raum unterzubringen, so daß dieser Beheizung trotz höherer Anschaffungskosten eine gewisse Zukunft vorausgesagt werden kann. Als besondere Vorzüge dieses Ofens werden folgende Vorteile³⁾ genannt:

1. Die Badtemperatur zeigt während des Verzinkens nur eine Veränderung von 3° und weniger.
2. Die Hartzinkbildung bei Verzinkungstemperaturen von 450 bis 460° wurde auf 60 bis 80 % vermindert.
3. Der Energieverbrauch lag bei rd. 100 kW/t verzinktem Gut.

Dieser Verzinkungs-ofen ist wie ein Rinnenschmelzofen gebaut und unterscheidet sich von diesem nur dadurch, daß der Induktor mit den Schmelzrinnen nicht unterhalb des Ofens, sondern an einer Badseite angeordnet ist. Der Anschluß erfolgt an die gewöhnliche Netzspannung und Netzfrequenz. Der eigentliche Nutzraum ist mit Stampfmasse 230 mm dick ausgestampft, die mit Wärmeschutz-

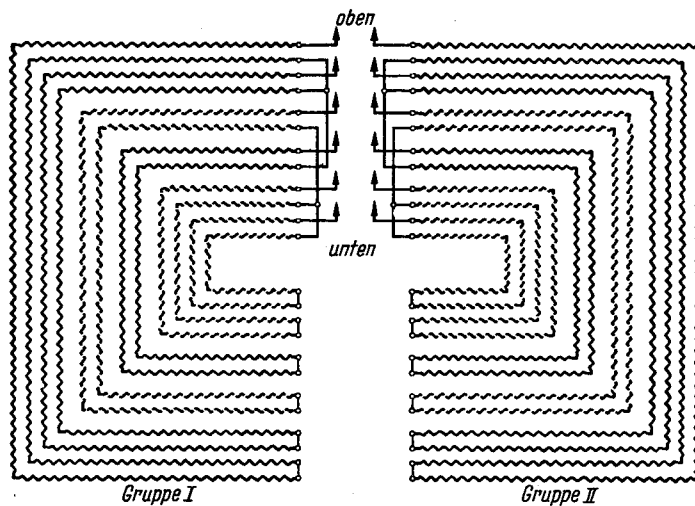


Bild 19. Schaltbild eines Verzinkungs-ofens (Brown, Boveri & Cie., Mannheim)

steinen hinterlegt ist. Die Leistung eines derartigen Bades ist nicht mehr durch die je m² der beheizten Kesselfläche zu übertragende Wärmemenge wie beim außenbeheizten Eisenkessel begrenzt, da die Wärme im Bad selbst erzeugt wird. Das Bad ist also die heißeste Stelle des Ofens. Die Energieübertragung aus der Schmelzrinne in den Badraum findet durch Wärmeleitung und durch Badbewegung (Pintsch-Effekt) statt. Der Gesamtwirkungsgrad des Ofens wird mit 70 bis 80 % angegeben. Derartige Öfen können auch in Deutschland ohne besondere Schwierigkeiten gebaut werden. Allerdings liegen die Anschaffungskosten wegen der

²⁾ Thoren, N.: Top Heated Galvanizing Bath at Virsbo, Sweden. In: Second International Conference on Hot Dip Galvanizing held at Düsseldorf 30th June—4th July 1952. Oxford 1953. S. 115/22.

³⁾ Burd, E. W.: Steel 127 (1950) Nr. 1, S. 88/90 u. 92.

erforderlichen Schalt- und Regelanlage mit Kondensatoren zur Verbesserung der Leistungszahl höher als bei außen-beheizten Kesseln.

Einige Beispiele ausgeführter größerer Anlagen mit Strahlungsbeheizung sollen die gemachten Ausführungen belegen. Der in Bild 18 gezeigte Verzinkungskessel dient zeitweise zum Verzinken von Rohren, zeitweise auch zum Verzinken von Eisenbauteilen und Wasserbehältern. Die Wannenabmessungen betragen: Länge = 7500 mm, Breite = 1150/600 mm, Tiefe = 1250/600 mm, Zinkinhalt etwa 46 t. Die eingebaute Heizleistung ist mit 252 kW in drei Heizgruppen in der Längsrichtung der Wanne unterteilt. Im üblichen Betrieb ist die Badoberfläche zu drei Vierteln blank und zu einem Viertel abgedeckt. Rechnerisch würde der Leistungsbedarf

etwa wie folgt ermittelt: Oberflächenverluste mit rd. 112 kWh, Wandverluste mit etwa 10 kWh, für Eisenerwärmung und Zinkverbrauch rd. $70 + 8$ kWh, d. h. mit insgesamt etwa 200 kWh bei 1000 kg Durchsatz je h. Gemessen wurde später der tatsächliche Stromverbrauch bei 1 t/h mit 150 kWh. Die Verluste waren also zu reichlich gerechnet. Mit Rücksicht auf die eingebaute Heizleistung könnte dieses Bad bei drei Viertel blanker Oberfläche annähernd 2 t/h durchsetzen. Der Stromverbrauch würde dabei rd. 110 kWh/t sein.

Als weiteres Beispiel soll noch ein Kessel für das Blechverzinken auf Anschlußwert, Stromverbrauch und Anschaffungspreis untersucht werden, um zu den Berichten über brennstoffbeheizte Anlagen einen Vergleich zu haben. Der Kessel mit $3500 \times 700 \times 2000$ mm³ soll 2 t Blech je h bringen. Der elektrische Anschlußwert des Ofens beträgt etwa 250 kW, die, wie vorher beschrieben, in zwei Regelgruppen aufgeteilt sind, deren jede drei getrennt abschaltbare, ineinander verschachtelte Zweige hat. Die Temperatur der zu verzinkenden Bleche sei bei Beginn 100° und die Badfläche größtenteils flußmittelbedeckt. Dann errechnet sich der Stromverbrauch bei dem Nenndurchsatz zu etwa 200 kWh oder 100 kWh/t. Der Anschaffungspreis für den an Ort und Stelle fertig ausgemauerten, elektrisch beheizten Ofen einschließlich selbsttätiger Schalt- und Regelanlage sowie einschließlich Kessel mit 40 mm Wanddicke, jedoch ausschließlich Fundamentkosten, liegt bei etwa 40 000 DM.

Schließlich soll noch auf zwei ausgeführte Sonderanlagen näher eingegangen werden. Eingangs wurde bereits die Beheizung durch ein Bleizwischenbad erwähnt. Bei dieser Beheizung ist man von der Tatsache ausgegangen, daß die Wärmeübertragung durch Blei schneller und gleichmäßiger als durch Strahlung und Konvektion erfolgt. Man kann also eine verhältnismäßig große Heizleistung durch Blei auf die Zinkbadwanne übertragen, ohne die Temperatur an der Wannenwand des Zinkbades in dem Maße zu steigern, wie es bei Strahlungserwärmung notwendig wäre.

Das ist besonders beim Drahtverzinken vorteilhaft, wenn verhältnismäßig kleinen Kesseln mit geringer Heizfläche eine große Leistung zugeführt werden soll. Bild 20 zeigt die grundsätzliche Anordnung einer solchen Anlage im Schnitt.

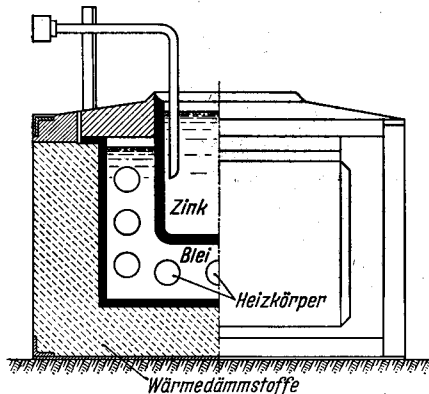


Bild 20. Grundsätzlicher Aufbau des bleibadbeheizten Verzinkungsbades (Brown, Boveri & Cie., Mannheim)

Hier steht die Zinkbadwanne in einem Bleibad, so daß der Zwischenraum zwischen beiden Kesseln mit flüssigem Blei ausgefüllt ist. In das Bleibad sind zwei Gruppen waagrecht liegender, elektrischer Heizkörper so eingebaut, daß ihre Anschlüsse an den beiden Stirnseiten des Ofens liegen. Die Heizkörpereinsätze sind einzeln während des Betriebes auswechselbar und können auch einzeln abgeklemmt werden, so daß der Betrieb auch bei Abschaltung einiger Heizkörper aufrechterhalten werden kann. Der Bleibadkessel ist von einer Wärmeschutzschicht umgeben und betrieblich keinem Verschleiß unterlegen, da kein Wärmeübergang durch seine Wandungen stattfindet. Der Temperaturunterschied zwischen Blei- und Zinkbad wurde während des Betriebes durch Messungen mit 30 bis 35° ermittelt.

Die Temperaturregelung des Bades erfolgt vollselbsttätig durch Thermoelemente in Verbindung mit Temperaturreglern. Zwei Thermoelemente tauchen in das Bleibad und steuern die beiden Heizgruppen, während ein weiteres Thermoelement in das Zinkbad eintaucht. Dieses Element steuert die Badtemperatur, während die beiden anderen Elemente als Temperaturwächter dafür sorgen, daß die Bleibadtemperatur eine bestimmte Temperaturhöhe, z. B. 480°, nicht überschreitet.

Bild 21 zeigt eine bleibadbeheizte Drahtverzinkungsanlage. Diese Anlage wurde für Drahtdicken von 0,6 bis 1,2 mm vorgesehen. 16 Adern laufen durch das Bad, für das eine Nennleistung von 380 kg/h errechnet wurde, wobei eine Durchlaufgeschwindigkeit von rd. 1 m/s für 1 mm dicke Drähte bei 16 Adern vorausgesetzt war. Die Badinhalte sind etwa 1,7 t Zink und 6,5 t Blei. Sie betragen zusammen etwa das 22fache des stündlichen Durchsatzes. Das Bad hat rd. 48 kW Anschlußwert. Der Leerverbrauch des mit Zinkasche abgedeckten Bades wurde mit etwa 8,5 kW bei 460° Badtemperatur gemessen. Den Stromverbrauch zeigt

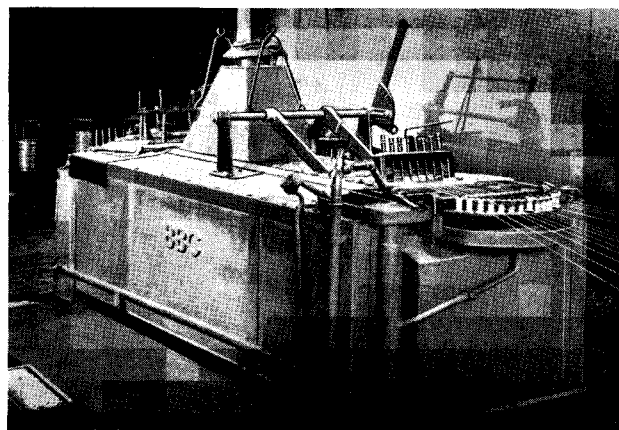


Bild 21. Elektrisch beheiztes Verzinkungsbad mit Bleibadbeheizung für Feindrähte 0,6 bis 1,2 mm Dmr.; Anschlußwert 48 kW (Brown, Boveri & Cie., Mannheim)

Bild 22. Hierzu ist zu sagen, daß das Bad nur abschnittsweise arbeitete, d. h., es wurden auf jeder der 16 Adern in der zehnstündigen Schicht nur je etwa 8 bis 10 Drahtbunde verzinkt, wobei die einzelnen Drahtbunde 40 bis 50 min liefen und dem Verzinkungsvorgang Pausen von je 15 bis 20 min folgten, in denen neue Adern eingezogen wurden.

Das Bild zeigt, daß dieses Bad für Drähte von 0,9 bis 1,2 mm Dmr. den günstigsten Verbrauch hat, der im Mittel bei etwa 95 bis 100 kWh/t liegt, wobei auch der Leerverbrauch des Bades in den Pausen für Drahtwechsel enthalten ist.

Der Hartzinkanfall wurde aus einem Mittel von sechs Monaten mit etwa 1,5 % des Durchsatzes festgestellt, während der Zinkverbrauch etwa 7 % des durchgesetzten Drahtgewichtes betrug.

Abschließend soll noch kurz auf eine Anlage für das Verzinken von Kleinteilen, wie Schrauben, Muttern, Nägel usw., eingegangen werden. Sie besteht aus einem Zinkbadtiegelofen⁴⁾ mit aufgebauter Schleudereinrichtung (Bild 23). Bisher wurden solche Kleinteile meistens in Behälter aus gelochten Blechen oder — bei leichtem Verzinkungsgut — aus entsprechendem Drahtgeflecht gepackt und nach dem Eintauchen in das Zinkbad in einer getrennt aufgestellten Schleudereinrichtung von überschüssigem Zink befreit. Außer dem Umsetzen lag der Hauptnachteil dieser Arbeits-

mäßige Belastung, da in den meisten Betrieben mehrschichtig gearbeitet wird. Die weiteren Vorteile des elektrischen Betriebes, wie größere Sauberkeit, das Fehlen von Abgasen, eine voll selbsttätige Regelung, die unabhängig vom Durchsatz die Badtemperatur genau gleich hält und keine Beobachtung durch die Verzinker verlangt und daher auch mit geringerem Zinkverbrauch und weniger Hartzink arbeitet, sollen nur kurz erwähnt werden.

Die Schamotteausmauerung der elektrisch beheizten Kessel ist außerdem geringeren Temperaturen ausgesetzt,

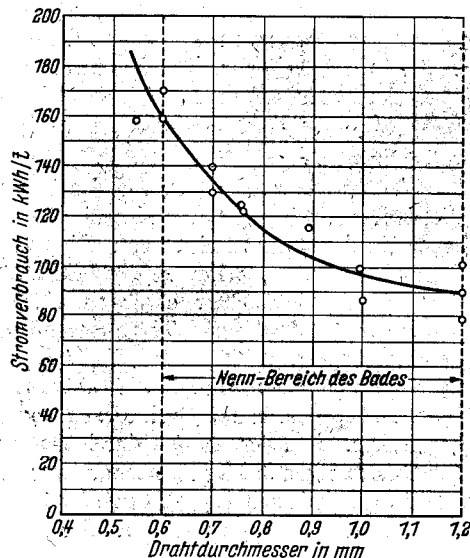


Bild 22. Stromverbrauch je l für das Verzinken verschiedener Drahtdicken bei unterbrochener Arbeitsweise (Brown, Boveri & Cie., Mannheim)

weise darin, daß das Verzinkungsgut zu kalt wurde, bevor die Zinktropfen sauber abgeschleudert werden konnten. Die Teile blieben unsauber und die Gewinde paßten nicht mehr. Dazu kam noch der Zinkverlust. Erhöhte Badtemperatur aber bringt erhöhten Wannenverschleiß. Um diese Nachteile zu beheben, wurde ein Bad mit aufgebauter Schleuder entwickelt (Bild 23).

Ein Gestell aus Formstahl nimmt in der Mittelachse die Schleuderwelle mit der Antriebsscheibe, Schere, ausrückbare Reibungskupplung und Gelenkkupplung für den Behälter auf. Das getrocknete Gut kann durch eine Hängebahn zugeführt und der angehängte Korb in das blanke Bad getaucht werden. Ein Gewichtsausgleich erleichtert das Eintauchen sowie ein mehrmaliges Auf- und Abbewegen des Korbes zum Durchspülen. Dann wird der Korb hochgefahren, die Bremse gelöst und die Schleuderwelle eingekuppelt. Der Korb erreicht etwa 500 U/min und alles überflüssige Zink wird abgeschleudert. Der im Bild gezeigte Tiegel hat etwa 160 l Inhalt und einen Anschlußwert von 42 kW. Die Beheizung erfolgt durch Chrom-Nickel-Heizwendel, die ebenfalls auf Tragrohren hängen. Der Durchsatz beträgt beim Verzinken von Schrauben etwa 200 kg/h.

Zur Frage der elektrischen Energiekosten soll nicht unerwähnt bleiben, daß der angegebene kWh-Verbrauch nicht immer ein vollständiges Bild der Kosten einer elektrisch beheizten Verzinkungswanne gibt. Mitunter ist es durchaus möglich, daß durch einen elektrischen Ofen die Stromlieferungsbedingungen eines Werkes verbessert werden, da der Abnehmer, der bisher nur Strom für Antriebe und Beleuchtungszwecke bezog, infolge gesteigerten Strombezugs günstigere Stromkosten erhält, die sich nun auch auf die übrigen elektrischen Anlagen des Betriebes auswirken. Wärmestrom für Verzinkungsöfen bringt dem Stromlieferwerk eine sehr günstige Belastung mit $\cos \varphi = 1$ und gleich-

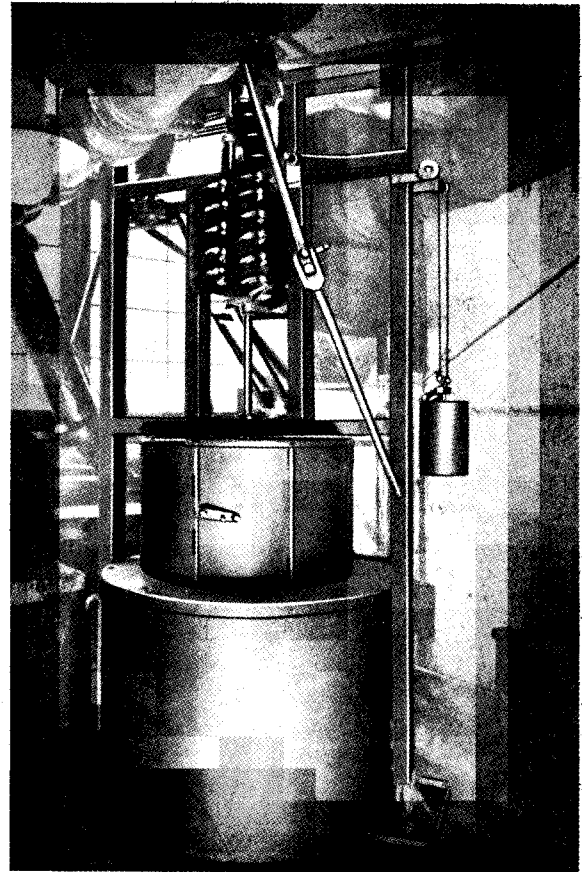


Bild 23. Elektrisch beheizter Zinkbad-Tiegelofen mit aufgebauter Schleudereinrichtung zum Verzinken von Kleinteilen (Brown, Boveri & Cie., Mannheim)

so daß sie im Gegensatz zu brennstoffbeheizten Kesseln, die mit hohen Heizflammen-Temperaturen rechnen müssen, eine fast unbegrenzte Lebensdauer haben. Schließlich ist wegen der gleichmäßigen und niedrigeren Kesselwandtemperatur auch mit einer längeren Lebensdauer der Kessel zu rechnen.

Zusammenfassung

Die bestgeeignete und wirtschaftlichste Beheizung von Verzinkungskesseln ist schon immer eine Frage gewesen, die sowohl im Brennpunkt des Aufgabenbereiches aller Verzinker selbst liegt als auch derjenigen Werke, die solche Anlagen bauen. In der vorliegenden Arbeit werden drei neuartige Beheizungsmöglichkeiten beleuchtet und Beispiele angeführt, wie diese unterschiedlichen Beheizungsarten im Hinblick auf die Verschiedenartigkeit des Verzinkungsgutes angewendet werden können. Da den angeführten Beispielen wirklich ausgeführte Anlagen zugrunde liegen, haben die errechneten und festgestellten Ergebnisse besonderen Wert. Sie können sicher dazu beitragen, sowohl bei der Einrichtung von Neuanlagen als auch bei einem erforderlichen Umbau älterer Anlagen die Wahl für das eine oder andere Beheizungsverfahren von Verzinkungskesseln zu erleichtern.

⁴⁾ Steiner, G.: Brown-Boveri-Mitt. 39 (1952) S. 452/54.