

## Der Einfluß des Drahtdurchmessers beim Feuerverzinken von Draht auf die Eigenschaften stark verzinkter Drähte

Von Dietrich Horstmann in Düsseldorf

Mitteilung aus dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Abhandlung 1248

[Bericht Nr. 64 des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e. V.\*) und Nr. 165 des Ausschusses für Drahtverarbeitung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute\*\*)]

*Einfluß der Tauchdauer und Durchlaufgeschwindigkeit beim Starkverzinken von Drähten mit Durchmessern von 1,5 bis 4,0 mm auf die mechanischen Eigenschaften von Drähten sowie auf die Dicke, den Gefügebau und die Haftung von Zinküberzügen.*

*Effect of the wire diameter during hot-dip galvanizing on the properties of wires with thick zinc deposits. Effect of dipping time and rate of throughput during the galvanizing of wires with diameters ranging from 1.5 to 4.0 mm on the mechanical properties of wires as well as on the thickness, structure and adhesion of zinc coats.*

*L'influence du diamètre du fil lors de la galvanisation à chaud sur les propriétés de fils fortement galvanisés. Influence de la durée de l'immersion et de la vitesse de passage lors de la galvanisation de fils de diamètres de 1,5 à 4,0 mm sur les propriétés mécaniques des fils aussi bien que sur l'épaisseur, la structure et l'adhérence des couches de zinc.*

Beim Feuerverzinken von Drähten treten manchmal Schwierigkeiten in der Art auf, daß es bei dünnen Drähten nicht immer möglich ist, die von den Gütevorschriften für stark verzinkte Drähte geforderten Zinkauflagen zu erreichen. Bei dickeren Drähten gelingt dies zwar leichter, doch ist dann die Haftung des Zinküberzuges so schlecht, daß sie nicht mehr den Anforderungen entspricht. Betriebserfahrungen haben gezeigt, daß die zuerst genannten Schwierigkeiten im allgemeinen durch Veränderung der Arbeitsbedingungen beim Verzinken überwunden werden können, die Haftung jedoch nur mit größerem Aufwand zu verbessern ist. Dies gilt vor allem für Drähte mit mittleren Durchmessern von etwa 2 bis 4 mm, für die bereits verhältnismäßig hohe Zinkauflagen bei guter Haftung des Zinküberzuges gefordert werden. Da die hier vorliegenden Verhältnisse nur unvollständig aufgeklärt sind, erschien es angebracht, im Anschluß an Untersuchungen über den Einfluß der Arbeitsbedingungen beim Starkverzinken von 2 mm dicken geglähten, patentiert gezogenen und vom Walzdraht gezogenen Drähten mit verschiedener chemischer Zusammensetzung<sup>1) bis 4)</sup> Versuche über den Einfluß des Drahtdurchmessers auf die Eigenschaften stark verzinkter Drähte anzustellen.

### Versuchsdurchführung

Für die Versuche wurden Walzdrähte aus beruhigtem Sauerstoffaufblasstahl der Sorte D 15-2 nach DIN 17140 mit vermindertem Kohlenstoffgehalt und aus beruhigtem Siemens-Martin-Stahl der Sorte D 26-2 verwendet, deren

chemische Zusammensetzung in *Tafel 1* wiedergegeben ist. Diese Walzdrähte wurden an 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 und 4,0 mm gezogen und anschließend stark verzinkt. In der Verzinkungsanlage wurden die Drähte zunächst in Bleibädern nach einem Vorwärmen auf 420 °C bei 720 °C im

Tafel 1. Chemische Zusammensetzung der für die Untersuchung verwendeten Walzdrähte

Draht	Massengehalt in %								
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Cr	Ni
D 15-2	0,09	0,28	0,50	0,037	0,016	0,002	0,03	0,02	0,03
D 26-2	0,25	0,17	0,49	0,012	0,028	0,002	0,09	0,04	0,06

Durchlauf gegläht. Die Glühdauer richtete sich nach den jeweiligen Durchlaufgeschwindigkeiten, sie lag zwischen 7,5 und 50 s. Nach dem Glühen wurden die Drähte in Salzsäure gebeizt, gespült, elektrolytisch nachgereinigt, mit Flußmittel versehen und verzinkt. Nach dem Austreten aus dem Bleibad konnten die Drähte bis zum Einlaufen in die Beize mehr oder weniger lange an Luft abkühlen. Diese Kühlzeiten lagen je nach der Durchlaufgeschwindigkeit zwischen 18 und 120 s. Die Durchlaufgeschwindigkeit der Drähte wurde stufenweise von 6 m/min über 10, 18, 24 und 30 m/min bis auf 40 m/min gesteigert. Bei allen Durchlaufgeschwindigkeiten wurden die Drähte durch Veränderung der Eintauchlänge mit zwei verschiedenen Zeiten in das Zinkbad getaucht. Diese Tauchdauer lag je nach der Geschwindigkeit zwischen 2 und 21 s. Die Temperatur des Zinkbades betrug während der Versuche  $450 \pm 2$  °C.

An Proben von den verzinkten Drähten wurden die mechanischen Eigenschaften der Drähte, ihre Oberflächenrauheit nach dem Abbeizen des Zinküberzuges mit dem Perth-O-Meter und die Zinkauflage aus der beim Abbeizen entstehenden Wasserstoffmenge ermittelt. An Schlifflinien wurde der Aufbau der Zinküberzüge untersucht, die zur Sichtbarmachung des Gefüges in einer Lösung

\*) Gemeinschaftsausschuß des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, der Deutschen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung und Oberflächenbehandlung e. V., der Fachvereinigung Draht e. V. und des Verbandes Deutscher Feuerverzinkereien.  
\*\*) Vorgetragen in einer Sitzung des Unterausschusses Oberflächenschutz von Drähten am 26. April 1972 in Düsseldorf. — Sonderabdrucke sind unter Angabe der Bestellnummer Gruppe C Nr. 928 lieferbar.

<sup>1)</sup> Horstmann, D.: Stahl u. Eisen 86 (1966) S. 1481/86.

<sup>2)</sup> Horstmann, D.: Stahl u. Eisen 86 (1966) S. 1732/41.

<sup>3)</sup> Horstmann, D.: Stahl u. Eisen 87 (1967) S. 331/36.

<sup>4)</sup> Horstmann, D.: Stahl u. Eisen 88 (1968) S. 499/507.

von Salpetersäure in Amylalkohol geätzt worden waren<sup>5)</sup>. In diesen Schliffen wurde die Dicke der Legierungsschichten ausgemessen. Um über die Haftung der Zinküberzüge nähere Aussagen machen zu können, wurden die Drähte um verschiedene Durchmesser gewickelt und der Durchmesser bestimmt, bei dem der Zinküberzug gerade einreißt. Zur Verdeutlichung der beim Biegen von verzinkten Drähten auftretenden Vorgänge wurden Längsschliffe verbogen und in einem Rasterelektronenmikroskop untersucht.

#### Der Einfluß der Verzinkungsbedingungen auf die mechanischen Eigenschaften verzinkter Drähte mit verschiedenen Durchmessern

In einer früheren Arbeit<sup>1)</sup> ist bereits eingehend beschrieben worden, daß die mechanischen Eigenschaften geglühter stark verzinkter Drähte sehr stark durch

aller verzinkten Drähte vollständig rekristallisiert. Als Beispiel zeigen die *Bilder 1 und 2* das Gefüge von 1,5 und 4,0 mm dicken Drähten, die sehr kurz und länger geglüht worden sind. Die ferritische Grundmasse ist in allen Fällen rekristallisiert und lediglich die durch das Ziehen bedingte zellige Anordnung des Perlits erhalten geblieben, in dem sich allerdings die ursprünglich vorhandenen Lamellen vor allem bei den höheren Ziehgraden bereits zu kleinen Teilchen eingeformt haben.

Die *Bilder 3 und 4* zeigen die Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung in Abhängigkeit von der Durchlaufgeschwindigkeit. Die Meßwerte für die beiden ersten Eigenschaften steigen mit zunehmender Durchlaufgeschwindigkeit, also mit kürzer werdender Abkühldauer an Luft nach dem Glühen, an, während die Bruchdehnung entsprechend abnimmt. Es zeigt sich

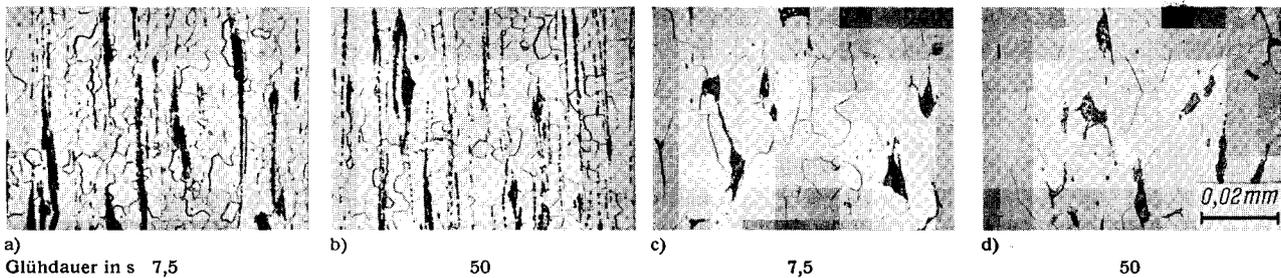


Bild 1. Gefüge der Drähte aus beruhigtem Sauerstoffaufblasstahl (500:1)

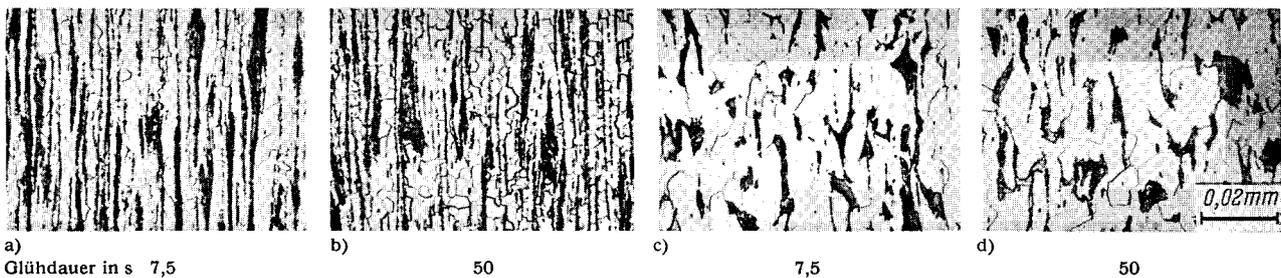


Bild 2. Gefüge der Drähte aus dem beruhigten Siemens-Martin-Stahl (500:1)

die jeweiligen Arbeitsbedingungen beeinflusst werden, wobei neben den eigentlichen Verzinkungsbedingungen, wie Tauchdauer und Durchlaufgeschwindigkeit, auch die Bauweise der Anlage von entscheidender Bedeutung ist. Dies gilt vor allem für die Länge der Abkühlstrecke nach dem Glühen, da während des Abkühlens weicher Stahldrähte an Luft Ausscheidungsvorgänge einsetzen, die die mechanischen Eigenschaften wesentlich mitbestimmen und den Ablauf der künstlichen Alterung während des Verzinkens beeinflussen. So kann die Streckgrenze weicher Drähte mit geringem Kohlenstoffgehalt durch diese Wirkung beispielsweise von etwa 350 N/mm<sup>2</sup> bis auf 450 N/mm<sup>2</sup> erhöht werden, wenn die Abkühlung nach dem Glühen entsprechend verkürzt wird. In ähnlicher Weise verändern sich auch die Zugfestigkeit von etwa 420 N/mm<sup>2</sup> bis auf 500 N/mm<sup>2</sup> und die Bruchdehnung von etwa 20 auf 10%, wie es die Untersuchungen an den 2 mm dicken Drähten gezeigt haben<sup>1)</sup>.

Voraussetzung dafür, daß nur die genannten Einflüsse wirksam werden, ist allerdings eine vollständige Rekristallisation des Drahtwerkstoffes während des Glühens, da sich sonst auch noch die durch das Ziehen bedingte Kaltverfestigung bemerkbar macht. Obwohl die Glühdauer bei diesen Versuchen teilweise sehr kurz ist, bis herab zu 7,5 s einschließlich der Aufheizzeit von 420 °C, ist das Gefüge

weiter, daß die Streckgrenze und Zugfestigkeit bis zu einem Drahtdurchmesser von 3,5 mm ständig geringer werden und die Bruchdehnung größer wird. Bei den Drähten mit einem Durchmesser von 4,0 mm liegen die Werte für die Streckgrenze und die Zugfestigkeit beim langsamen Durchlaufen geringfügig über denen der Drähte mit einem Durchmesser von 3,5 mm, bei größeren Durchlaufgeschwindigkeiten steigen sie aber besonders stark an. Die Bruchdehnung ist bei diesen Drähten zunächst noch ziemlich groß, sie nimmt bei hohen Durchlaufgeschwindigkeiten jedoch ab.

Durch diese Untersuchungen werden die Ergebnisse der älteren Arbeit<sup>1)</sup> bestätigt, daß die Streckgrenze und Zugfestigkeit mit kürzer werdender Abkühldauer nach dem Glühen erhöht und die Bruchdehnung dementsprechend erniedrigt wird, was offenbar auf Ausscheidungsvorgänge während des Abkühlens zurückzuführen ist, die sich mit der beim Verzinken eintretenden künstlichen Alterung überlagern. Darüber hinaus zeigt sich, daß die Abkühlgeschwindigkeit an Luft ebenfalls einen großen Einfluß auf diese Vorgänge ausübt und dazu führt, daß bei den dünnen Drähten, die schnell an Luft abkühlen, Streckgrenze und Zugfestigkeit deutlich höher und die Bruchdehnung geringer ist als bei dickeren Drähten, die langsamer an Luft abkühlen. Bei den Drähten mit einem Durchmesser von 4,0 mm verläuft die Abkühlung an Luft offenbar so langsam, daß beim

<sup>5)</sup> Rowland, D. H.: Trans. Amer. Soc. Metals 40 (1948) S. 983/1011.

Einlaufen dieser Drähte in die Beize eine zusätzliche Abschreckwirkung eintritt, die beim Verzinken zu einer besonders starken künstlichen Alterung führt, so daß hier die Werte für die Festigkeitseigenschaften besonders bei

laufgeschwindigkeit bestimmt, wie es der Aufbau der Zinküberzüge eines länger getauchten, langsam durchgelaufenen Drahtes in Bild 5a und eines nur sehr kurz getauchten, schnell durchgelaufenen Drahtes in Bild 5b zeigt.

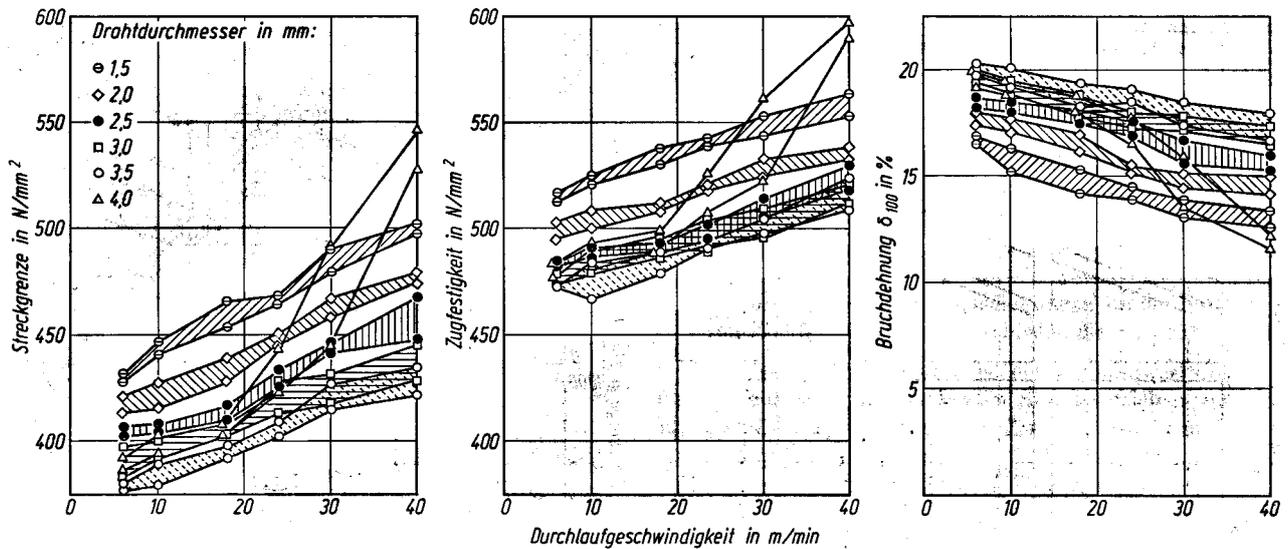


Bild 3. Einfluß der Verzinkungsbedingungen auf die mechanischen Eigenschaften der Drähte aus dem Sauerstoffaufblasstahl

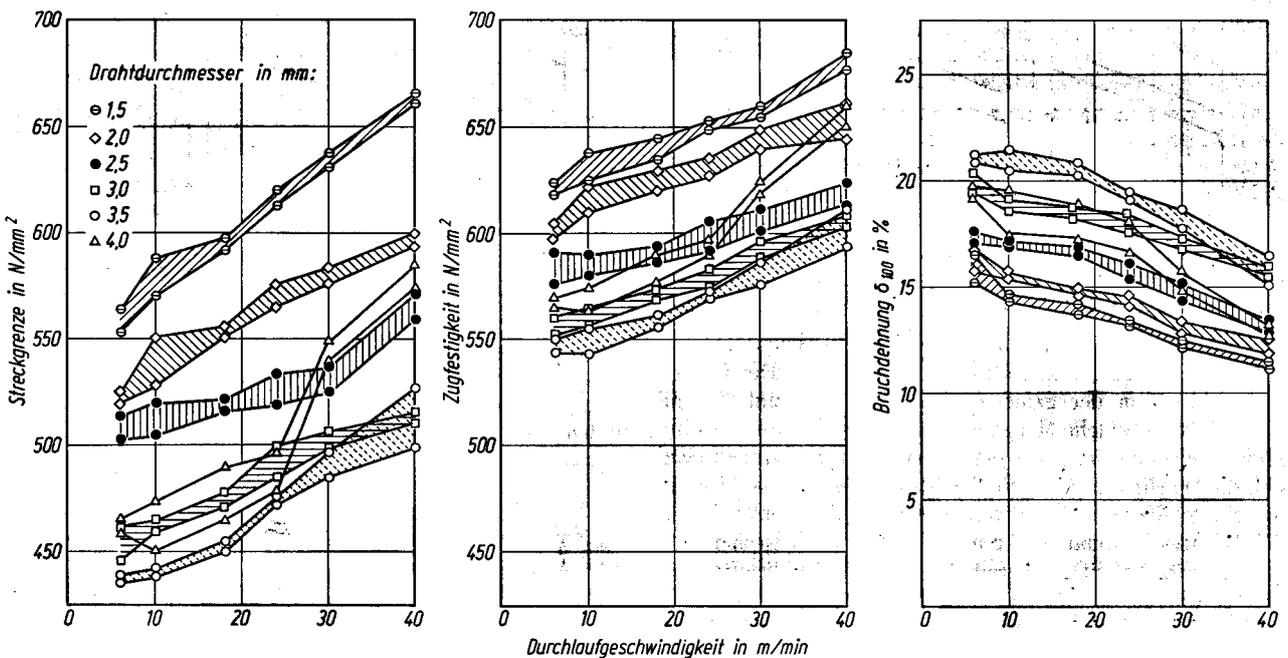


Bild 4. Einfluß der Verzinkungsbedingungen auf die mechanischen Eigenschaften der Drähte aus dem Siemens-Martin-Stahl

größeren Durchlaufgeschwindigkeiten wieder ansteigen und die Bruchdehnung abnimmt.

#### Der Einfluß der Verzinkungsbedingungen auf die Dicke und den Aufbau von Zinküberzügen auf verschieden dicken Drähten

In den beiden vorangegangenen Arbeiten<sup>2)4)</sup> ist bereits gezeigt worden, daß die Dicke des Zinküberzuges hauptsächlich von der Tauchdauer des Drahtes im Zinkbad und von der Durchlaufgeschwindigkeit abhängt und daß daneben noch die Viskosität der Zinkschmelze, die Oberflächenrauheit des Drahtes und die Art der Abdeckung des Zinkbades am Auslauf des Drahtes eine Rolle spielen. Dabei wird die Dicke der Eisen-Zink-Legierungsschichten im wesentlichen durch die Tauchdauer des Drahtes im Zinkbad und die darüberliegende Zinkschicht hauptsächlich durch die Durch-

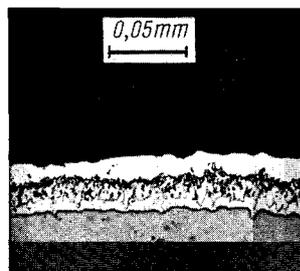


Bild 5a. Gefüge eines Zinküberzuges bei längerer Tauchdauer (21 s) und geringer Durchlaufgeschwindigkeit (6 m/min) (200:1)

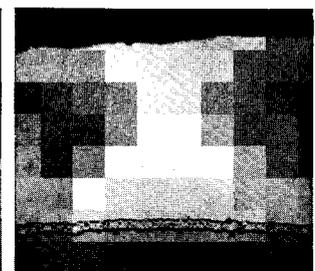


Bild 5b. Gefüge eines Zinküberzuges bei kurzer Tauchdauer (2 s) und hoher Durchlaufgeschwindigkeit (40 m/min) (200:1)

Da die Dicke der Legierungsschicht bei den beim Drahtverzinken vorliegenden Verhältnissen annähernd geradlinig mit der Zeit zunimmt<sup>2)4)</sup>, erhält man eine Schar von zu-

einander parallel verlaufender Geraden, wenn man die Zinkauflage in Abhängigkeit von der Tauchdauer für die verschiedenen Durchlaufgeschwindigkeiten aufträgt (Bilder 6 und 7). Extrapoliert man diese Geraden auf die Tauchdauer 0, so gibt der dabei erhaltene Wert auf

Wie die Bilder 6 und 7 zeigen, nimmt die Menge der beim Ausziehen vom Draht mitgerissenen Zinkschmelze mit steigender Durchlaufgeschwindigkeit stark zu. Sie ist bei dickeren Drähten größer als bei dünnen. In Übereinstimmung mit den älteren Untersuchungen<sup>2) 4)</sup>

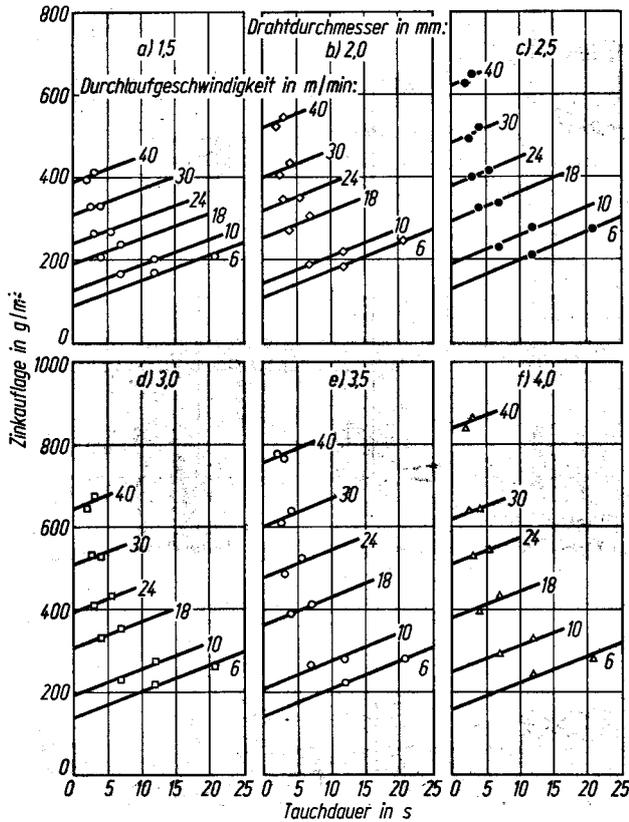


Bild 6. Einfluß der Tauchdauer und der Durchlaufgeschwindigkeit auf die Zinkauflage von Drähten aus Sauerstoffaufblasstahl mit verschiedenen Drahtdurchmessern

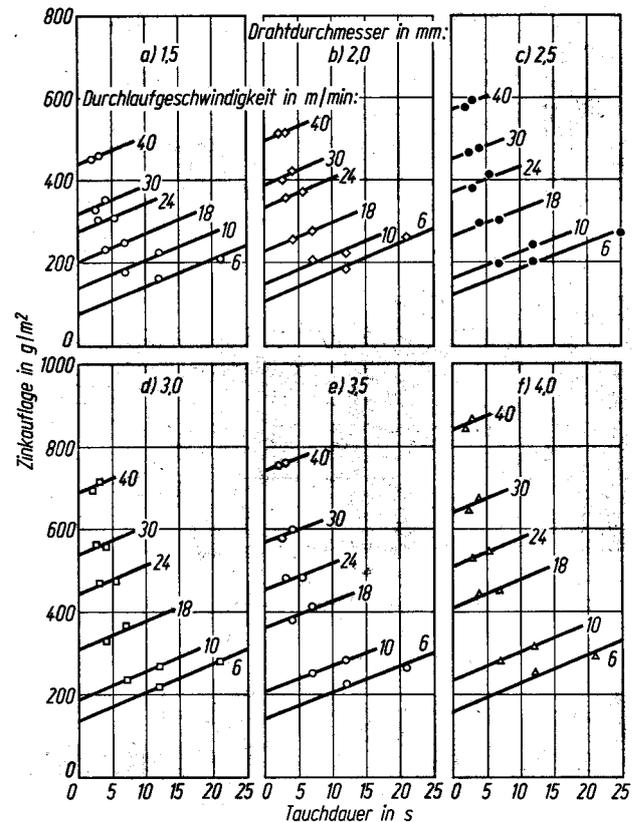


Bild 7. Einfluß der Tauchdauer und der Durchlaufgeschwindigkeit auf die Zinkauflage von Drähten aus Siemens-Martin-Stahl mit verschiedenen Drahtdurchmessern

der Ordinate die Menge Zinkschmelze an, die beim Herausziehen des Drahtes vom Draht mitgerissen wird. Der Unterschied zwischen der gemessenen Zinkauflage und diesem Wert zeigt an, welche Menge an Legierungsschichten sich im Zinkbad gebildet hat. Aus dem Anstieg dieser Geraden läßt sich die Wachstumsgeschwindigkeit der Legierungsschichten berechnen, die, wie die Auswertung ergibt, vom Durchmesser des Drahtes unabhängig ist und mit Werten zwischen 6,0 und 6,8 (g/m<sup>2</sup>)/s mit den bereits früher bei 450 °C ermittelten Werten übereinstimmt.

Nach dem Herausziehen der Drähte aus dem Zinkbad wächst die Legierungsschicht zunächst noch während des Abkühlens weiter. Dieses Nachwachsen der Legierungsschicht läßt sich aus einem Vergleich der aus der Wachstumsgeschwindigkeit und der Tauchdauer im Zinkbad errechenbaren Werte für die Dicke der während des Verzinkens gebildeten Legierungsschicht und den unmittelbar im Schliff gemessenen Dicken abschätzen. Dabei zeigt sich, daß die Legierungsschichten um so stärker weiterwachsen, je dicker der Draht ist. Dies ist verständlich, da der Wärmeinhalt dickerer Drähte größer ist, so daß die Legierungsschichten infolge der langsamen Abkühlung länger weiterwachsen können. Die auf diese Weise ermittelten Zahlenwerte, die in Bild 8 in Abhängigkeit vom Drahtdurchmesser aufgetragen sind, zeigen, daß das Nachwachsen der Legierungsschichten auf beiden Drahtgütern gleich groß ist. Es entspricht bei dünnen Drähten von 1,5 mm Durchmesser einer Tauchdauer in einer Zinkschmelze bei 450 °C von etwa 3 s und bei dicken Drähten mit einem Durchmesser von 4,0 mm einer Tauchdauer von etwa 6 s.

nimmt die mitgerissene Zinkmenge zunächst sehr schnell und später proportional zur Durchlaufgeschwindigkeit zu, so daß man Geraden erhält, die mit einer leichten Krümmung in den Koordinatenursprung einlaufen, wenn man die Menge

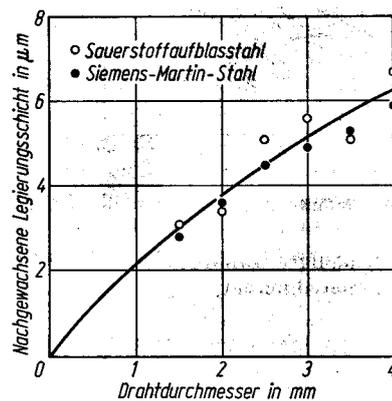


Bild 8. Einfluß des Drahtdurchmessers auf das Nachwachsen der Legierungsschicht

der mitgerissenen Zinkschmelze in Abhängigkeit von der Durchlaufgeschwindigkeit aufträgt (Bild 9). Sie hängt außerdem von der Oberflächenrauheit des Drahtes, der Viskosität der Zinkschmelze und von der Art der Abdeckung des Zinkbades am Auslauf des Drahtes ab. Darüber hinaus beeinflusst auch der Drahtdurchmesser, wenn man diese Bedingungen wie bei diesen Versuchen, bei denen nur die Oberflächenrauheit der Drähte in engen Grenzen von etwa

5 bis 6  $\mu\text{m}$  schwankte, gleichhält, die Menge der mitgerissenen Zinkschicht. Dieser Einfluß des Drahtdurchmessers läßt sich aus dem Anstieg der Geraden entnehmen, wenn

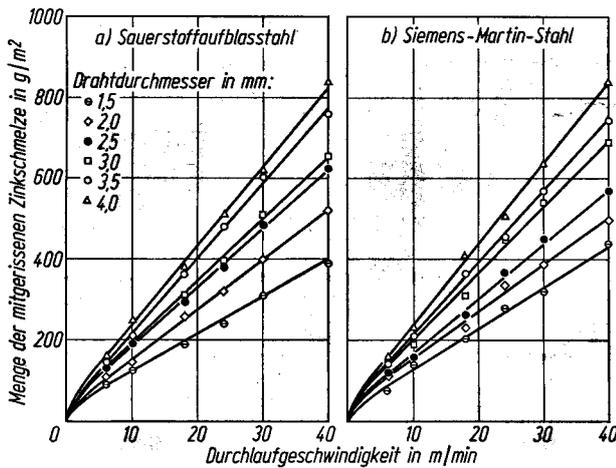


Bild 9. Einfluß der Durchlaufgeschwindigkeit auf die mitgerissene Zinkschmelze bei verschiedenen Drahtdurchmessern

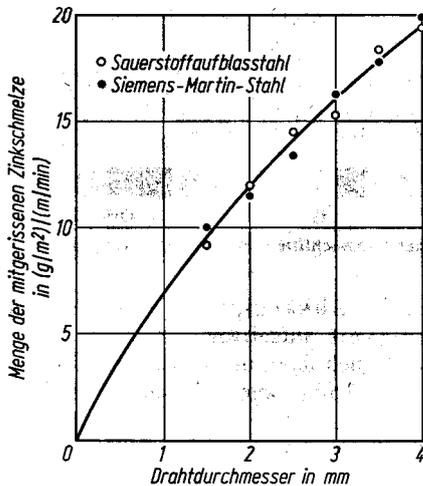


Bild 10. Einfluß des Drahtdurchmessers auf die Menge der mitgerissenen Zinkschmelze

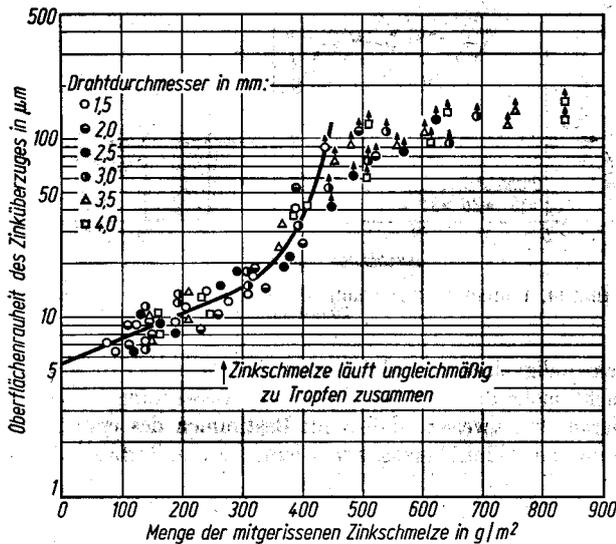


Bild 11. Einfluß der Menge der mitgerissenen Zinkschmelze auf die Oberflächenrauheit verzinkter Drähte (Mittelwerte aus jeweils 10 Einzelmessungen)

man die schnellere Zunahme bei sehr geringen Durchlaufgeschwindigkeiten vernachlässigt. Dabei zeigt sich, wie in Bild 10 abgelesen werden kann, daß die mitgerissene Zink-

menge doppelt so groß ist, wenn der Durchmesser des Drahtes von 1,5 auf 4,0 mm vergrößert wird.

Die Rauheit und das Oberflächenaussehen der verzinkten Drähte hängen hauptsächlich von der Menge der mitgerissenen Zinkschmelze ab. Mit zunehmender Menge wird die Oberfläche des verzinkten Drahtes zunächst nur wenig, dann aber deutlich rauher, wie es das Bild 11 zeigt. Bei sehr großen Mengen läuft die Zinkschmelze zu Tropfen zusammen. Diese Werte sind im Bild durch Pfeile gekennzeichnet. Vom Durchmesser des Drahtes ist die Oberflächenrauheit unabhängig, denn alle Werte liegen in einem gemeinsamen Streubereich. Er wirkt sich dadurch aus, daß mit steigendem Durchmesser größere Mengen Zinkschmelze vom Draht mitgerissen werden.

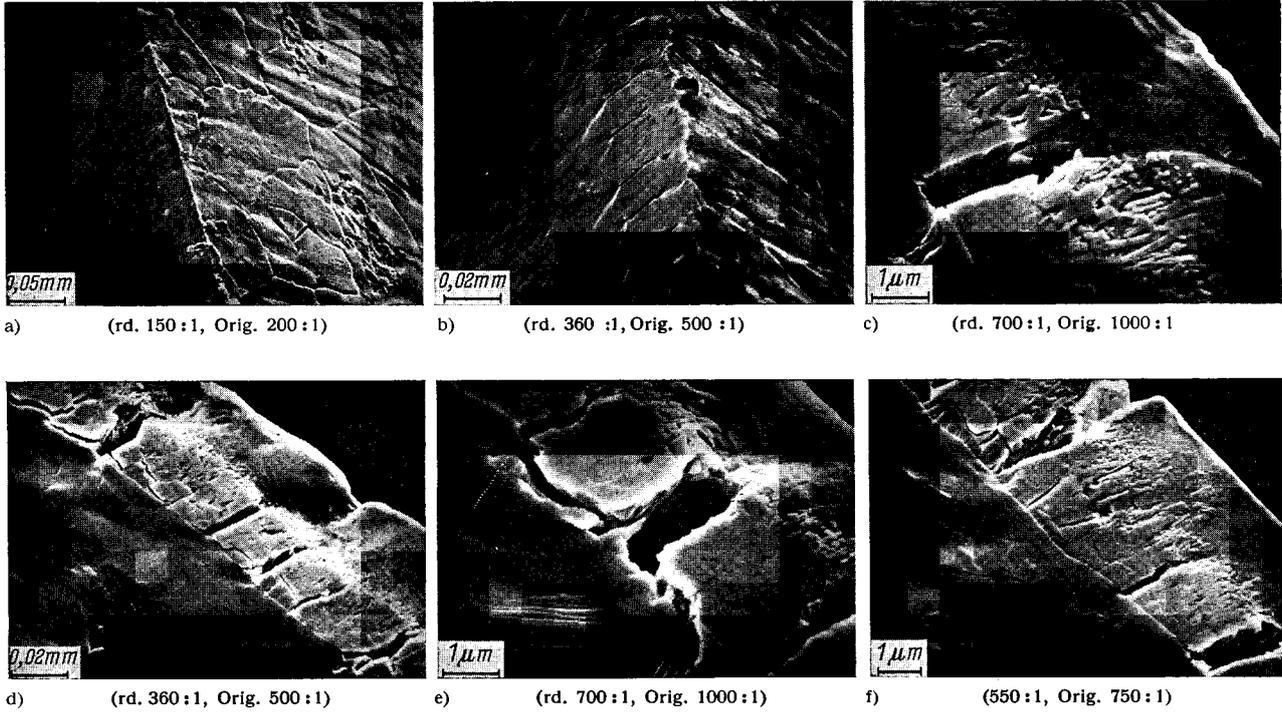
#### Der Einfluß der Verzinkungsbedingungen auf die Haftung von Zinküberzügen auf verschiedenen dicken Drähten

Ein feuerverzinkter Draht ist ein Verbundwerkstoff aus einem mehr oder weniger harten Stahlkern, einer spröden Eisen-Zink-Legierungsschicht als Zwischenschicht und einer gut verformbaren äußeren Zinkschicht. Beim Biegen eines derartigen Werkstoffes treten Spannungen auf, die zum Einreißen und Abplatzen des Zinküberzuges führen können. Die dabei auftretenden Erscheinungen sind in den Bildern 12a bis f dargestellt, in denen das Aussehen von einem nach dem Polieren und Ätzen verbogenen Längsschliff eines verzinkten Drahtes wiedergegeben ist. Beim Biegen eines solchen Verbundkörpers verformt sich der Stahl und die äußere Zinkschicht durch Gleiten und Zwillingsbildung, während die Legierungsschicht einreißt (Bild 12a). Durch das Aufreißen der Legierungsschicht entstehen Entlastungskerven, die ein örtlich stärkeres Fließen des Stahles unter diesen Kerben ermöglichen, wie es die Anhäufung der Gleitlinien an solchen Stellen zeigt (Bild 12b). Wenn die Verformung nicht zu stark ist und sich in der Legierungsschicht viele gleichmäßig verteilte Anrisse bilden, reißt der Zinküberzug nicht ein und löst sich nicht vom Stahl ab. Bei breiter aufklaffenden Rissen wird die darüberliegende Zinkschicht örtlich stärker verformt, und es kommt bei einer wie hier im Anschliff freiliegenden Fläche zu Einschnürungserscheinungen (Bild 12c). Eine stärkere Verformung und eine ungleichmäßigere Anrißverteilung in der Legierungsschicht erzeugen an der Grenzfläche zwischen dem Stahl und der Legierungsschicht so große Scherspannungen, daß es zur Abtrennung der Legierungsschicht vom Stahluntergrund und zur Bildung von Rissen parallel zur Stahloberfläche in der Legierungsschicht kommt (Bilder 12d und e). Hierbei kann dann auch die äußere Zinkschicht einreißen, wenn ihre Verformungsfähigkeit erschöpft ist, und die Anrisse und Abplatzungen des Überzuges werden auch äußerlich sichtbar (Bild 12f).

In den beiden vorangegangenen Arbeiten<sup>3)4)</sup> ist ein empirischer Zusammenhang zwischen den Eigenschaften des Drahtes, dem Aufbau des Zinküberzuges und seiner Haftung dergestalt festgestellt worden, daß das Einreißen des Zinküberzuges von der Streckgrenze des Drahtes, seiner Oberflächenrauheit und seinen Dehnungseigenschaften sowie von der Gesamtdicke des Zinküberzuges und dem Verhältnis der Zinkschicht zur Legierungsschicht abhängt. Dabei war angedeutet worden, daß sich der Durchmesser des Drahtes ebenfalls bemerkbar machen kann. Bei diesen Untersuchungen hat sich jedoch ergeben, daß dies nicht der Fall ist. Wenn man die Ergebnisse in der gleichen Art wie in den früheren Arbeiten aufträgt, nämlich die Dehnung der Außenfaser beim ersten Anriß in Abhängigkeit von dem Produkt aus der Streckgrenze  $\sigma_s$ , der vierten Wurzel aus dem Verhältnis der Reinzinkschichtdicke  $d_z$  zur

Legierungsschichtdicke  $d_L$ , sowie dem Quadrat von dem Quotienten aus dem Quadrat der Rauhtiefe  $R_t$  der Dicke des Zinküberzuges  $d_G$  und der Bruchdehnung  $\delta$  des Drahtes, so ergibt sich die gleiche Abhängigkeit des Ein-

wirkt. Dies ist vor allem bei großen Durchlaufgeschwindigkeiten der Fall, wenn die dickeren Drähte sehr große Mengen von Zinkschmelze mitziehen, wie es das Bild 14 zeigt, in dem der Wickeldurchmesser beim Einreißen des Zink-



Bilder 12a bis f. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen verbogener Längsschliffe von verzinkten Drähten

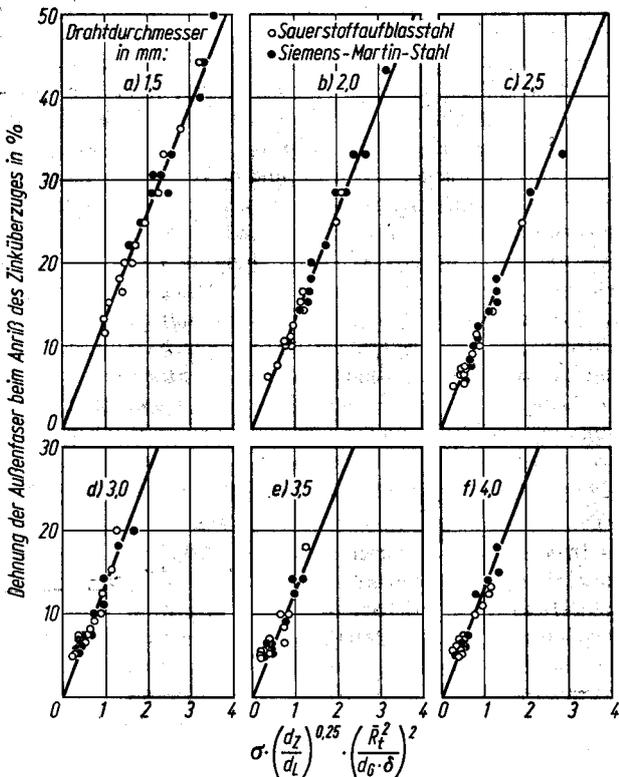


Bild 13. Einfluß der Streckgrenze, der Bruchdehnung und der Oberflächenrauheit des Drahtes sowie der Dicke und des Schichtdickenverhältnisses des Zinküberzuges auf die Haftung des Zinküberzuges

reißen von diesem Wert, wie es das Bild 13 zeigt. Das schlechtere Verhalten der Zinküberzüge auf dickeren Drähten ist dabei vor allem auf die größere Dicke des Zinküberzuges zurückzuführen, die sich hier ungünstig aus-

überzuges in Abhängigkeit von der Durchlaufgeschwindigkeit aufgetragen ist. Man sieht, daß man dünne Drähte auch dann um verhältnismäßig enge Durchmesser wickeln kann, wenn sie mit hohen Durchlaufge-

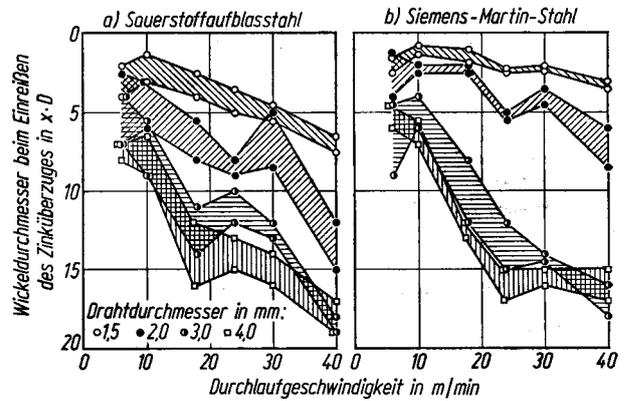


Bild 14. Einfluß der Durchlaufgeschwindigkeit auf die Haftung des Zinküberzuges

schwindigkeiten verzinkt worden sind, was bei den dickeren nicht mehr der Fall ist. Bei dieser Auswertung ist jedoch darauf hinzuweisen, daß beim Bestimmen des ersten Einreißen des Zinküberzuges sehr feine Risse miterfaßt worden sind, die das Schutzverhalten des Überzuges noch nicht beeinträchtigen. Um ein deutlich sichtbares Einreißen oder Abplatzen des Zinküberzuges hervorzurufen, ist es nötig, die Drähte wesentlich enger zu wickeln.

\* \* \*

Der Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen e. V., Köln, sei auch an dieser Stelle für die Bereitstellung der Mittel zu dieser Untersuchung gedankt.

### Zusammenfassung

Untersuchungen über den Einfluß des Drahtdurchmessers beim Feuerverzinken von geglühten Drähten auf die mechanischen Eigenschaften der Drähte sowie auf die Dicke, den Gefüeaufbau und die Haftung des Zinküberzuges haben ergeben, daß die Legierungsschichten bei allen Drähten unabhängig vom Drahtdurchmesser während des Verzinkens gleich schnell wachsen. Während des Abkühlens nach dem Verzinken wächst die Legierungsschicht bei dickeren Drähten allerdings stärker nach, da der Wärmeinhalt dieser Drähte größer und damit die Abkühlungsdauer länger ist. Dickere Drähte reißen beim Ausziehen große Mengen Zinkschmelze mit, was sich vor allem bei höheren Durchlaufgeschwindigkeiten stark bemerkbar macht. Die Gesamtzinkauflage ist daher bei dickeren Drähten größer als bei

dünnen, wenn die Verzinkungsbedingungen gleich sind. Bei gleicher Zinkauflage, gleichem Aufbau des Zinküberzuges und bei gleichen mechanischen Eigenschaften des Drahtes und der gleichen Oberflächenrauheit wirkt sich der Durchmesser des Drahtes auf die Haftung des Zinküberzuges nicht aus. Die mechanischen Eigenschaften stark verzinkter geglühter Drähte hängen von Alterungsvorgängen ab, die beim Verzinken eintreten. Sie bewirken, daß Streckgrenze und Zugfestigkeit mit zunehmender Durchlaufgeschwindigkeit ansteigen, während die Bruchdehnung gleichzeitig geringer wird. Mit zunehmendem Durchmesser des Drahtes fallen Streckgrenze und Zugfestigkeit zunächst ab, um bei 4 mm dicken Drähten wieder anzusteigen, was besonders bei großen Durchlaufgeschwindigkeiten der Fall ist. Die Bruchdehnung nimmt umgekehrt zunächst zu und dann ab.