

# Die Gefügeausbildung der Lichtbogengespritzten Stahlschichten

von

Salâhaddin ANIK <sup>1)</sup>

*«Zur Bestimmung der Eigenschaften von gespritzten Metalschichten ist u.a. die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung dieser Schichten sehr wichtig. Dieser Schichten ist infolge von Abbraenden wesentlich verschieden von derjeniger des eingesetzten Spritzdrahtes.*

*Lichtbogenspritzen bezüglich der Draht und Zerstaeborgasführung in den letzten Jahren weiter entwickelt und verbessert wurde. Da Lichtbogenspritzen hat nun grade beim verspritzen hochschmelzender Werkstoffe z.B. wie Staehle. Vorteile gegenüber dem Flammgespritzen. Damit nun Zusammenhaenge zwischen eingesetztem Spritzdraht und Aufgetragenen Spritzgut bekannt werden, sollen beim Lichtbogenspritzen untersucht werden : nichtlegierten-, niedriglegierten - Staehlen, chrom - Staehlen und austenitischen - Staehlen».*

## 1 — Versuchsdurchführung

Die nachfolgenden Versuche wurden mit Lichtbogen - Spritzanlagen durchgeführt. Beim Lichtbogenspritzen, bei den normale Pressluft als Schleudermittel verwendet wurde, erfolgte das Spritzen unter folgenden Bedingungen :

### a — Einfluss des Spritzabstandes

Stromstaerke	:	250 A.
Spannung	:	25 V.
Pressluftdruck	:	4 atü

---

<sup>1)</sup> Professor an der Technische Universitaet Istanbul, Fakultaet für Maschinenbau.

Spritzabstaende	:	100 mm
		150 mm
		200 mm
		250 mm
		300 mm

#### b — Einfluss der Stromstaerke

Pressluftdruck	:	4 atü
Spritzabstand	:	200 mm
Stromstaerken	:	150 A.
		200 A.
		250 A.
		300 A.

#### c — Einfluss des Pressluftdruckes

Spritzabstand	:	200 mm
Stromstaerke	:	250 A.
Pressluftdrücke	:	2 atü
		3 atü
		4 atü
		5 atü
		6 atü

Bei der Untersuchung der Einstellwerte ging man so var, dass man jeweils eine Grösse verierte und die anderen Grössen Konstant hielt. Nach diesem Verfahren liessen sich drei Versuchsreihen aufstellen. Dadurch liess sich am besten der Einfluss einer jeden Grösse auf die Ausbildung der Spritzschicht bestimmen.

#### 2 — Versuchswerkstoffe

Die Spritzversuche wurden mit den 13 Stahlspritzdraehten durchgeführt, deren Zusammensetzung in der Tafel 1, 2 und 3 aufgeführt sind. Die Drahtdurchmesser betragen 1,6 mm.

Die Schichtdicke wurde in allen Fällen bei etwa 4 mm gehalten. Die Grösse der Probestück ist in den Bild. 1 wiedergegeben.

Tafel 1. Zusammensetzung der Spritzdrähte  
(Einfluss des Spritzabstandes)

Spritzdraht		Zusammensetzung in %						
		C	Mn	Si	Cr	Mo	Ti	Ni
niedrig legierte Stähle	A1	0.13	1.19	0.20	0.14	-	-	-
	A2	0.50	1.14	0.38	0.95	-	0.18	-
	A3	0.81	1.95	0.56	2.00	-	0.18	-
Cr-Stähle	B1	0.24	0.32	0.37	15.05	0.94	-	0.49
	B2	0.17	0.46	0.88	16.45	0.97	-	0.41
	B3	0.05	0.38	0.98	16.1	-	0.74	-
	B4	0.46	0.29	0.32	11.86	-	-	0.12
	B5	0.47	0.31	0.52	14.35	1.10	-	0.57
Cr/Ni-Stähle	C1	0.05	1.10	1.08	18.75	0.055	-	8.80
	C2	0.03	1.00	1.12	18.45	2.02	0.32	10.55
	C3	0.03	1.10	1.04	17.90	-	0.24	9.80
	C4	0.05	1.26	1.05	19.22	2.49	-	11.3
	C5	0.75	1.96	0.87	24.40	0.26	-	19.13

Tafel 2. Zusammensetzung der Spritzdrähte  
(Einfluß der Stromstärke)

Spritz- draht	Zusammensetzung in %						
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ti	Ni
A1	0,09	1,39	1,03	0,16	—	—	—
B1	0,24	0,43	0,60	15,0	0,61	—	0,37
C1	0,035	1,10	1,03	18,18	0,08	—	9,02

Tafel 3. Zusammensetzung der Spritzdrähte  
(Einfluß des Preßluftdruckes)

Spritz- draht	Zusammensetzung in %						
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ti	Ni
A3	0,84	1,76	0,32	1,73	—	0,13	—
B3	0,045	0,37	0,97	16,45	—	0,43	—
C1	0,035	1,10	1,03	18,18	0,08	—	9,02

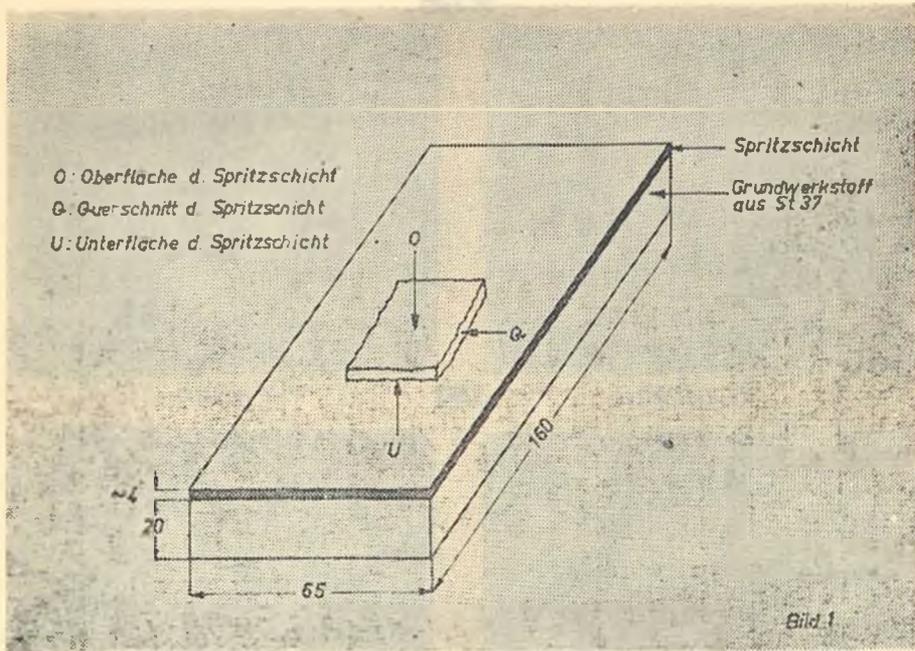


Bild. 1. — Die Grösse der Spritzprobe.

### 3 — Schichtaufbau

Von den 92 zu spritzenden Proben wurden 82 Proben metallographisch auf ihren Schichtaufbau untersucht. Bild. 2 bis 7 zeigen die Gefügeaufnahmen der Spritzschichten ( $A_2$ ,  $B_3$ ,  $C_1$ ) im ungeätzten - und im geätzten- Zustand (im Querschnitt d.h. senkrecht zur Spritzrichtung)

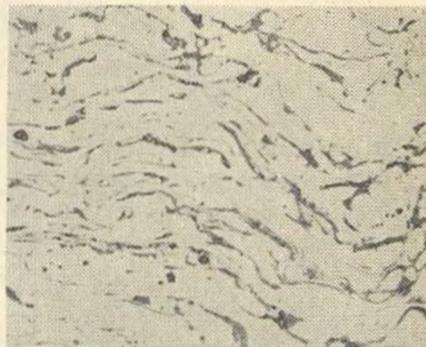
Die ungeätzten - Gefügeaufnahmen (Bild. 2) ist weiterhin zu erkennen, dass mit zunehmendem Spritzabstand der Oxydgehalt der Spritzschicht erwartungsgemäss Grösser wird. Dies bedingt durch den laengeren Flugweg der Partikel, der eine Staerkere oxydation an der oberflaeche bewirkt. Der Einfluss der Stromstaerken auf die Gefügeausbildung der Spritzschicht ist nicht zu erkennen (Bild. 4 und 5).

Der Einfluss des Pressluftdruckes auf die Ausbildung der Spritzschicht sind in den Bilder 6 und 7 wiedergegeben. Die Gefügebilder zeigen, dass mit sinkendem Zerstaeruberluftdruck die Spritzpartikel grösser werden und Gesamttoxydgehalt der Spritzschicht etwas kleiner wird.

x 200



100 mm



150 mm

A2



200 mm



300 mm

Bild. 2. — Einfluss des Spritzabstandes auf die Ausbildung der Spritzschicht  
(Drahtsorte : A2 - ungeätzt,  $\times 200$ ).

#### 4 — Zusammenfassung

Aus den Versuchsergebnissen können nachstehende Folgerungen gezogen werden :

- a — Im allgemein mit zunehmendem Spritzabstand wird Abbrand grösser.
- b — Die Einfluss der Menge von Legierungselemente auf die Abbraende der Spritzschicht ist verschieden; z.B. bei Chrom-und Chrom-Nickel-Staehlen Steight der Kohlenstoffabbrand mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt des Ausgangsdrahtes. Aber bei

x 500

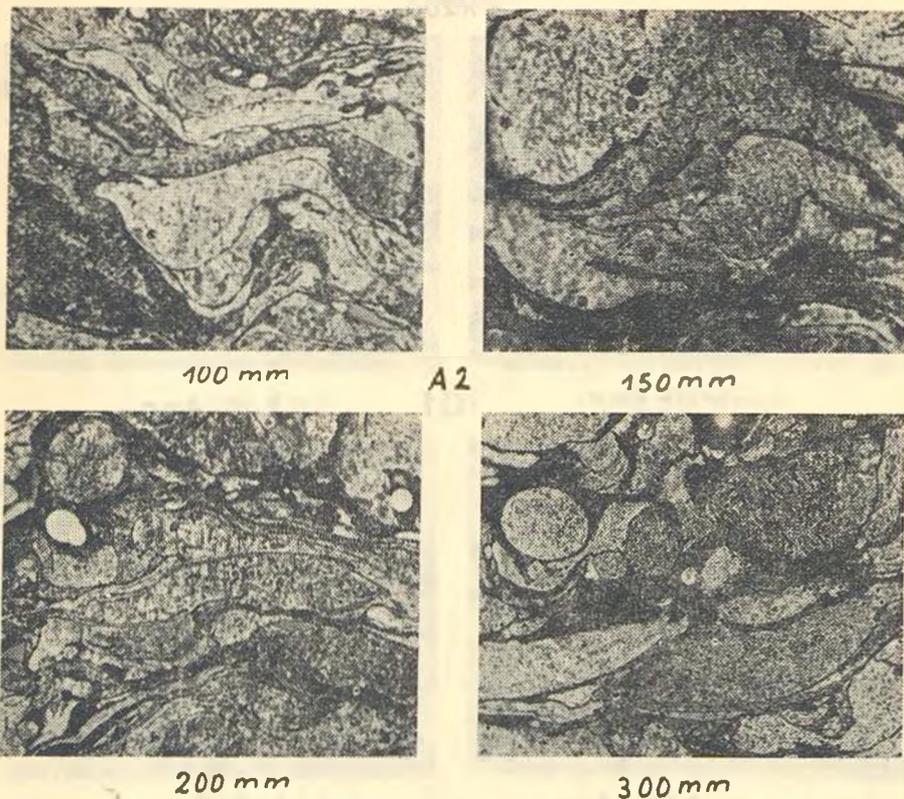


Bild. 3. — Einfluss des Spritzabstandes auf die Ausbildung der Spritzschicht.  
(Drahtsorte : A2 - geätzt,  $\times 500$ ).

niedriglegierten Stählen faellt der Abbrand von Kohlenstoff mit Steigendem C-gehalt des Drahtes ab.

- c — Kann man eine Abhaengigkeit der Abbrand der Spritzschichten von der Stromstaerke ist nicht festzustellen.
- d — Im Allgemeinen nimmt der Abbrand der Spritzschicht mit wachsen dem Pressluftdruck zu.

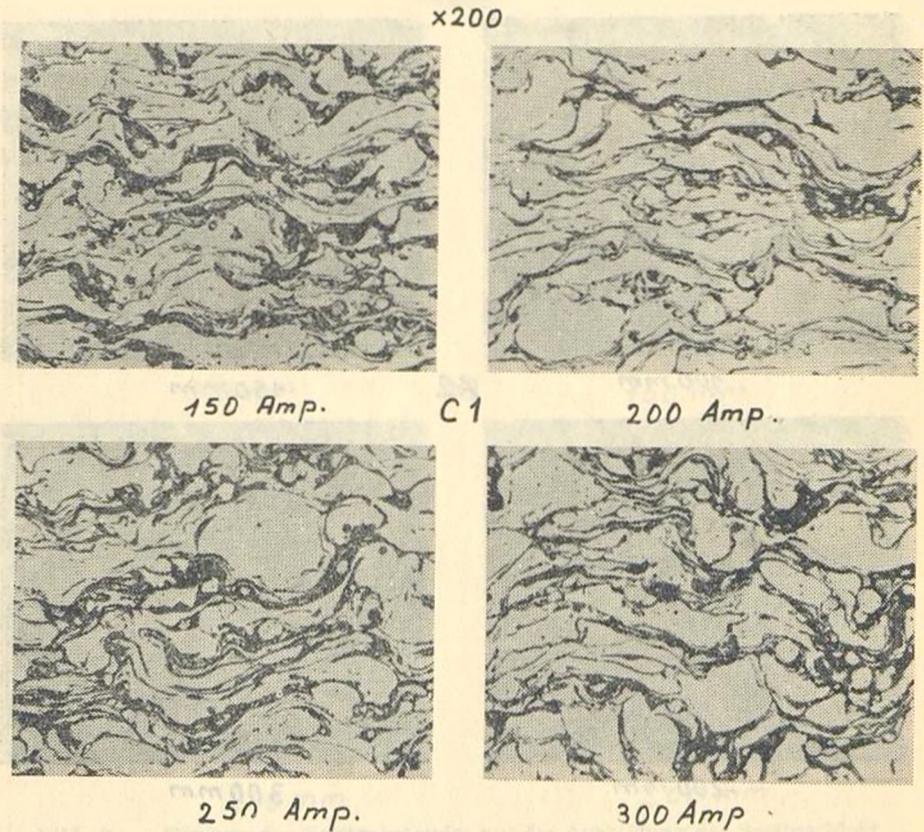


Bild. 4. — Einfluss der Stromstärke auf die Ausbildung der Spritzschicht  
(Drahtsorte : C1 - ungeätzt,  $\times 200$ ).

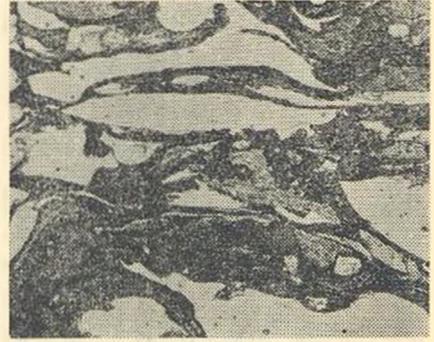
- e — Beim Lichtbogenspritzen unter Anwendung von üblicher Pressluftdruck als Schleudermittel wurde in Untersuchungen festgestellt, dass, in allgemeinen ein stärkerer Abbrand der Legierungselemente Kohlenstoff, Mangan, Silizium und Chrom auftrat.
- f — Die Gefügebildungen haben gezeigt, dass mit zunehmenden Spritzabständen der Oxydgehalt der Spritzschichten grösser wird. Bei Steigerung der Spritzabstände von 100 auf 300 mm

x500

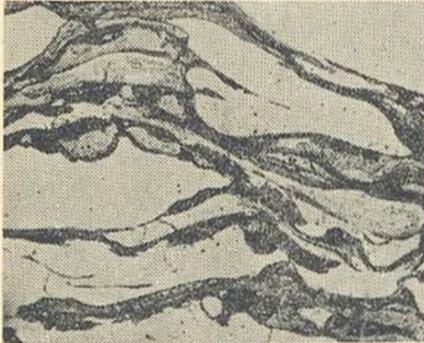


150 Amp.

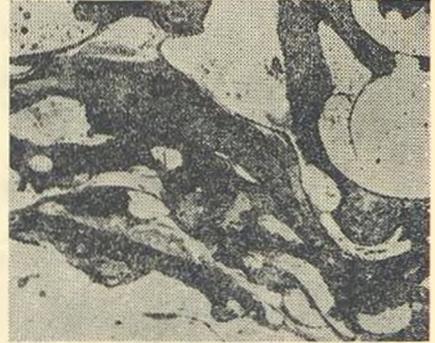
C1



250 Amp.



200 Amp.



300 Amp.

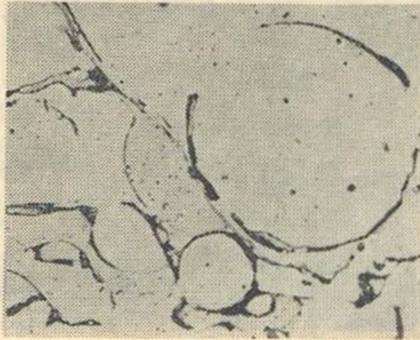
Bild. 5. — Einfluss der Stromstaerke auf die Ausbildung der Spritzschicht.  
(Drahtsorte : C1 - geaezt,  $\times 500$ ).

ist eine Zunahme der ungefaehren Oxydgehalte von 3 auf 12% festzustellen.

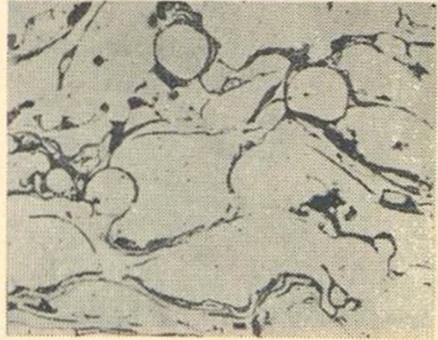
g — Ein Einfluss der Stromstaerken auf die gefuegeausbildung der Spritzschichten ist nicht zu erkennen.

h — Die Gefuegebilder zeigen, dass mit Steigendem Pressluftdruck die Spritzpartikel kleiner werden und die Gesamtoxydgehalte der Spritzschichten wachsen. Bei Erhoehung des Zerstaebu-

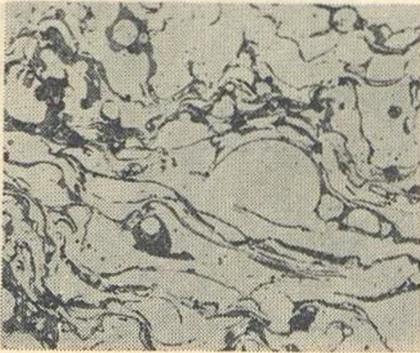
x 200



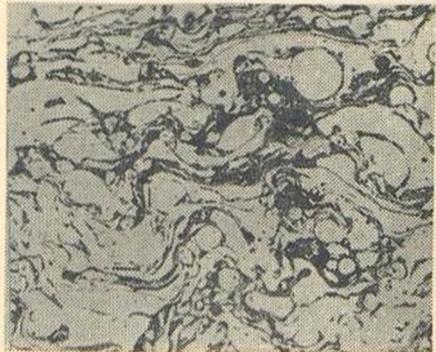
2 Atü.



3 Atü.



5 Atü.



6 Atü.

Bild. 6. — Einfluss des Pressluftdruckes auf die Ausbildung der Spritzschicht  
(Drahtsorte : B3 - ungeätzt,  $\times 200$ ).

luftdruckes von 2 auf 6 Atü sind Zunahmen der Partikelgrößen von 2-8 (13) und der Oxydhalte von 3-12% festzustellen.

- i — In der Lichtbogenspritzschicht uns niedriglegierten Staehlen (A) entstehen neben angelassenem Martensit auch Spuren von Zwischenstufengefüge. Die Gefüge bestehen bei Chromstaehlen (B) aus angelassenem Martensit und etwa 10% Ferrit mit in Martensit eingelagerten Chromkarbiden, und bei Chrom-Nickel

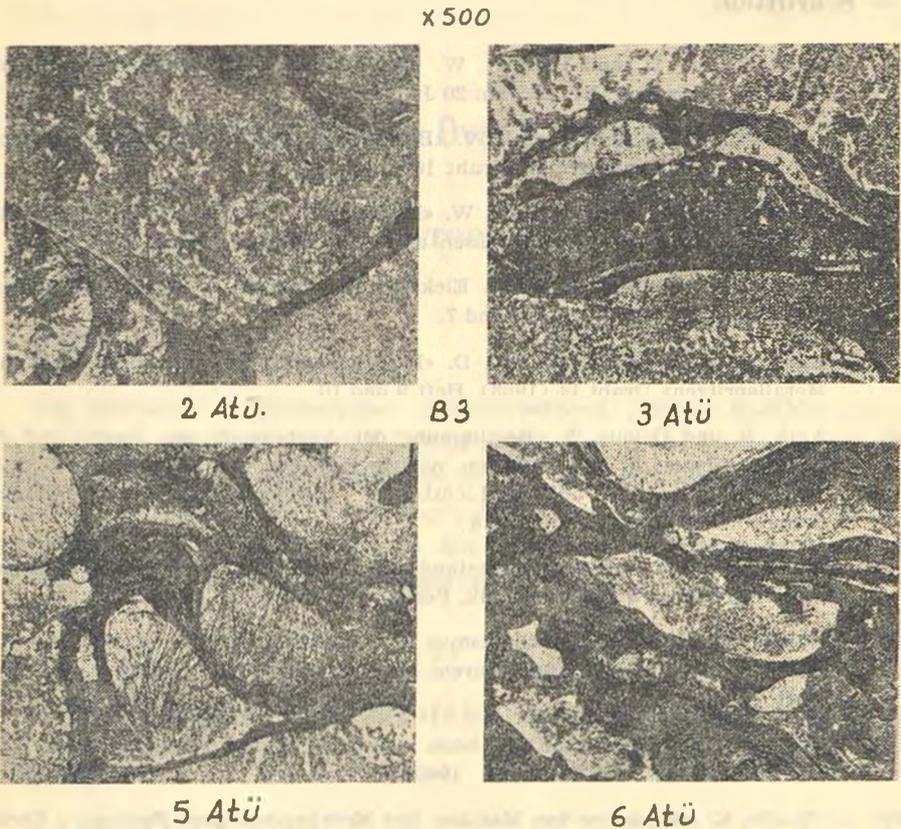


Bild. 7. — Einfluss des Pressluftdruckes auf die Ausbildung der Spritzschicht  
(Drahtsorte : B3 - geätzt,  $\times 500$ ).

-Stählen (C) aus Austenit mit Carbidausscheidungen and etwas eingelassenem Kohlenstoffarmen Martensit.

k — Bei Chrom - und Chrom - Nickel - Spritzschichten beginnt die Ablösung der Schicht vom Grundmaterial, wenn die Schichttemperatur 500 - 550°C erreicht hat. Bei diesem Temperatur intervall verliert die Schicht ihre Haftung. Diese Temperatur ist hier nach 6 min erreicht. Bei dem Stahl A<sub>3</sub> wird diese Temperatur auch 9 min. nicht erreicht. Es findet keine Ablösung Statt.

## 5 — Schrifttum

- (1) — Krautmacher, H. und Pungel, W. «Stahldrahte für Metallspritzpistolen» Industrie - Anzeiger, Nr. 49, vom 20 Juni 1958.
- (2) — Krautmacher, H. und Pungel, W. «Beitrag zur Frage des Lichtbogenspritzens mit Stahlspritzdrahten» Draht 10 (1959), Nr. 4.
- (3) — Knebelkamp, W. und Papsdorf, W. «Beitrag zur Frage des Lichtbogenspritzens mit Stahldrahten» Schweißen und Schneiden 16 (1964), Heft 8.
- (4) — Steyer, Fr. «Metallspritzen im Elektro - Lichtbogen - Verfahren» Energie und Technik 5 (1953), Heft 6 und 7.
- (5) — Matting, A. und Steffens, H. - D. «Der Schmelzvorgang beim Lichtbogen - Metallspritzen» Draht 14 (1963), Heft 9 und 10.
- (6) — Aník, S. und Colbus, J. «Bestimmung der Ausbraende, der Haerte und des Gefügeaufbaues in nichtlegierten, niedrig legierten und austenitischen Stahlspritzschichten, die mittels Lichtbogen - Spritzens aufgebracht werden» Saarbrücken, 1965 (Sonderdruck).
- (7) — Kretzschmar, E. «Entwicklungsstand und Einsatzmöglichkeit des Lichtbogenmetallspritzens» Schweißtechnik, Berlin 11 (1961), Heft 7 und 8.
- (8) — Hauße, K. «Über den Mechanismus der Oxydation von Eisen und Legierten Staehlen bei höheren Temperaturen» Metalloberflaeche (Ausgabe A) 8 (1954), Heft 7.
- (9) — «Haftung und Schichtaufbau beim Lichtbogen- und Flammsspritzens» Diss. H. - D. Steffens, T. H. Hannover, 1963.
- (10) — Hauße, K. «Oxydation von Metallen und Metallegierungen» Springer - Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg (1956).
- (11) — Matting, A. und Steffens, H. - D. «Haftung und Schichtaufbau beim Lichtbogen - und Flammsspritzens» Termische Spritzverfahren, Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 38, Deutscher Verlag für Schweißtechnik, 1964.
- (12) — Aník, S. «Gespritzte Metallbeschichtungen» Technische Rundschau (Bern) Nr. 26 und 39, 27 Juni und 26 September 1978.
- (13) — ASTM Specification E19 - 46 «Classification of austenite grain size in Steels» (Stahl - Eisen Prüfblatt 1510 - 61).
- (14) — Wlassow, A.P. und Sawinkow, K.P. «Hochfrequenz - Metallspritzen» Maschgis - Verlag, Moskau, 1960.