



Title	Struktur der Al ₂ O ₃ Schichten nach dem Gas Tunnel Plasma-Spritzgerat(Physics, Process, Instrument & Measurement)
Author(s)	Arata, Yoshiaki; Habara, Yasuhiro; Kurihara, Setsu et al.
Citation	Transactions of JWRI. 1987, 16(2), p. 255-258
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/5410
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Struktur der Al_2O_3 Schichten nach dem Gas Tunnel Plasma-Spritzgerät[†]

Yoshiaki ARATA*, Yasuhiro HABARA**, Setsu KURIHARA*** und Akira KOBAYASHI****

Auszug

Im Vergleich zum bisherigen Plasma Spritzgerät kann das Plasma-Spritzgerät des Gas-Tunnel-Type Schichten mit guter Qualität der Härte und Porosität produzieren, weil es die sprühenden Partikel mit sehr hoher Temperatur und hoher Geschwindigkeit ausschleudern kann. In unserem Aufsatz untersuchten wir die Struktur der Al_2O_3 Schichten, die wir mit dem oben genannten Plasma-Spritzgerät erforschten. Auf der Oberfläche der Al_2O_3 Schichten die vom Gas Tunnel-Type Plasma-Spritzgerät produziert werden, gibt es Schichten, deren Härtegrade hoch sind. Wir machten die Strukturanalyse der härrenden Schichten des Al_2O_3 durch die X-Strahlen-Diffraktionsmethode.

KEY WORDS: (Gas Tunnel) (Plasma Spritzen) (Al_2O_3 Schicht) (Hochqualitäts-Schicht) (X-Strahl Diffraktion)

1. Einleitung

Die für die Spritzschichten nötigen besonderen Eigenschaften sind in manchen Fällen Dichtigkeit der Partikel und deren enger Zusammenhang. Dafür sind eine vollständige Verschmelzung der sprühenden Partikel und eine Beschleunigung mit hoher Geschwindigkeit erforderlich. Die beiden Faktoren haben aber zwei sich gegenseitig widersprechende Seiten. Die Spritzschichten neigen zur unvollständigen Verschmelzung, wenn Sie mit hoher Geschwindigkeit behandelt werden, verkürzt sich der Aufenthalt in den Plasmaflammen. Deshalb besteht die beste Bedingung aus dem Kompromiß zwischen den beiden Faktoren, so daß ihr Bereich sehr eng ist, und es ist zu bedenken, daß es schwer ist, die Bedingung zu bestimmen.¹⁾

Das Plasma Spritzgerät des Gas-Tunnel-Typs produziert einen Gas-Tunnel mit niedrigem Vakuum in der Nähe der Zentralachse des Gerätes, aufgrund der vielen symmetrisch strudelnden Gasströme, die durch die strudelbildende Düse in die Fackel ausströmen. Wenn man in der Unterführung den Plasma-Plasmastrahl ausbrechen läßt, bleibt er in der Stabilität noch länger als der bisherige Plasma Strahl, damit man einen Plasma Strahl mit hoher

Temperatur und hoher Energie erzielt.²⁻⁴⁾

Das in einem langen Plasma-Strahl fliegende sprühende Pulver wird im Vergleich zum bisherigen sprühenden Gerät sehr hoch erhitzt und damit zum schnell beschleunigten sprühenden Partikel, weil es lange mit hoher Temperatur heiß gemacht wird. Die sprühenden Partikel bilden den überzug, indem sie mit der Oberfläche der Materie und der aufbauenden Schicht (build-up layer) zusammenstoßen. Die geformte aufbauende Schicht der Porosität bildet sich, indem die vollständig verschmolzenen Partikel mit hoher Temperatur sehr schnell zusammenstoßen. Deswegen verstärkt sich die Haftfähigkeit der sprühenden Partikel zur Materie und die Verbindungskraft zwischen den Partikel in höherem Maße als beider bisherigen Al_2O_3 Spritzschicht.

Die Struktur des Al_2O_3 Spritzschichten nach dem Plasma Spritzgerät des Gas-Tunnels ist u.E. nicht so sehr vom fliegenden Prozeß der Sprühenden Partikel im Plasma Strahl beeinflußt, sondern vielmehr vom Haftungs-Prozeß und vom darauf folgenden Prozeß der Kühlung und des Festwerdens.^{5, 6)}

In unserer Untersuchung stellten wir die Al_2O_3 Spritzschicht durch das Plasma Spritzgerät des Gas-Tunnel-Typs

† Received on Nov. 4, 1987

* Professor

** Research Student

*** Graduate Student

**** Research Instructor

Transactions of JWRI is published by Welding Research Institute of Osaka University, Ibaraki, Osaka 567, Japan

her und machten seine Strukturanalyse. In den Spritzschichten betrachten wir die festgebundenen Schichten der Zweigstruktur. Die Strukturanalyse dieser Schichten machen wir durch die X-Strahlen-Diffraktionsmethode und die Bildzerlegung mittels eines Elektron-Mikrographen. Die Schätzung der Härte erforschten wir nach der Prüfungsmethode der Micro Vickers Härte.

2. Die Methode des Experiments

In der Abb. 1 zeigt sich die Skizze des Plasma Spritzgeräts des Gas-Tunnel-Typs. Von diesem Spritzgerät haben wir in der letzten Abhandlung ausführlich berichtet. Die Bedingung des Sprühens zeigt sich in der Tabelle 1. In unserem Experiment gebrauchten wir die Al_2O_3 Pulver von 99.5% Al_2O_3 , Pulverdurchmesser von $10 \sim 40 \mu\text{m}$. Als Hauptmaterie wurden die Bretter von SUS304 (2.0mm dick, 25mm breit und 50mm lang) gebraucht, deren Oberfläche mit dem Sandstrahl-Gebläse behandelt war. Das Plasma Spritzgerät des Gas-Tunnel-Typs wurde festgelegt und die Hauptmaterie legten wir parallel zum Apparat in jeder Distanz des Sprühens ($L = 50, 80, 110 \text{ mm}$) fest und ließ en sie durchkreuzen. Die Durchkreuzung wurde einmal mit Geschwindigkeit 2.8m/min durch-

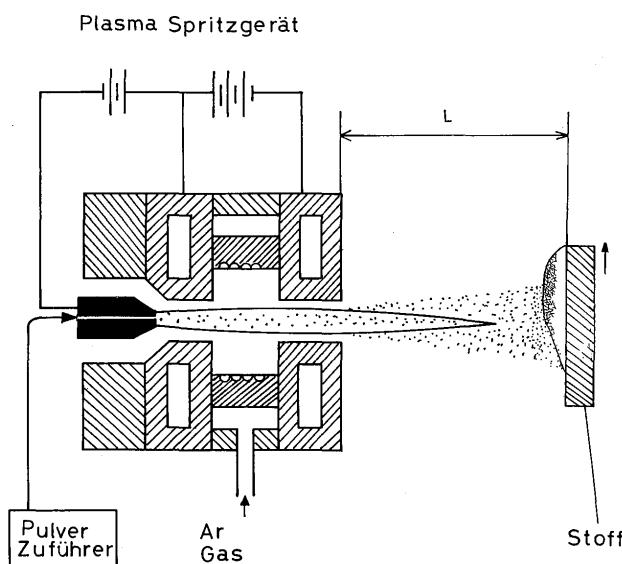


Abb. 1 Schema des Gas Tunnel Plasma-Spritzgerätes des Schnittes der Spritzschicht

Tabelle 1 Plasma Spritzen

Current	300 A
Spannung	127 V
Arbeits Gas (Ar)	200 l/min
Pulver Senden-Rate	120 g/min
Träger Gas (Ar)	10 l/min
Spritzdistanz	50, 80, 110 mm

geführt. Zugunsten der Schätzung der Härte der vom Sprühen hergestellten Schichten vermaßen wir sie mit dem Micro Vickers Härtenapparat. Um die Verbreitung der fest gebundenen Schichten zu prüfen, vermaßen wir die durchschnittliche Härte H_v , indem wir den Härtegrad in der Lage von 10 Punkten vermaßen, wobei das Lastgewicht 100g und die Lastzeit 15s in Richtung der Schichtsdicke gestellt wurden.

Für die Strukuranalyse der Oberfläche der Al_2O_3 Spritzschicht wurde die X-Strahl Diffraktionsmethode gebraucht. Das Muster der X-Strahl Diffraktion der Überzugoberfläche wurde vom X-Strahl Diffraktionsmesser vermessen. Als Röntgen-Strahlenquelle benutzten wir Cu und vermaßen das Muster aufgrund der elektrischen Rohrspannung 40kV und des Rohrstroms 20mA. Vom Muster der X-Strahl Diffraktion, welche wir durch den Gebrauch der ASTM-Karte erhielten, machten wir die gleiche Vermessung von $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ und $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ des Spritzschicht Al_2O_3 . Die Struktur des Schichtschnitts betrachteten wir mit Bildzerlegungen des Elektron-Mikrographen.

3. Die Resultate des Experiments

Abb. 2 (a), (b), (c) zeigt die Bilderlegungen des Elektron Mikrographs des Schichtschnitts, der durch die Al_2O_3 Pulver mit jeder Spritzdistanz von $L = 50, 80$, und 110 mm sprühend gemacht wurde. In diesem Fall beträgt die Schichtdicke getrennt $180 \mu\text{m}$, $125 \mu\text{m}$, $90 \mu\text{m}$. Der Einsatz des Plasma Strahls ist auf jeden Fall $P = 38 \text{ kW}$. Es kann gedacht werden, daß die Bilder des Schichtschnitts der Spritz-Schichtschnitt sei, auf den sich die sprühenden Partikel durch die plötzliche Kühlung und Kondensation nach und nach aufhäufen. Weil die Kühlungsgeschwindigkeit durch den Zusammenstoß verschmelzender Partikel, das Verflachen und die Spätere Kondensation sehr groß wird, und weil von daher jeder sprühende Partikel im Kondensationsprozeß ohne Einmischung selbständig besteht, so daß er einen anderen Charakter hat als die verbrannte Materie.¹⁾

Dazu erkennt man, daß sich die Spritzdistanz des Bildes von $L = 80 \text{ mm}$ und 110 mm Schichtschnitt ihre Porösität je nach dem Grad der Annäherung verbessert. Im $L = 50 \text{ mm}$ Bild des Schichtschnitts bildet die untere Schicht neben der Hauptmaterie die Aufbau-Schicht mit dem Angehäuften der sprühenden Partikel gleich wie der Spritz von $L=80 \text{ mm}$ und 110 mm , aber die Zweigstruktur betrachtet man in der Oberfläche des Schicht von der mittleren bis zur oberen Schicht. Die Ursache ist zu bestimmen, ob entweder die wegen der Nähe der Spritzdistanz aufgehäufte Aufbau-Schicht noch heißer gemacht, dadurch verschmolzen und wiederum geronnen wurde, oder

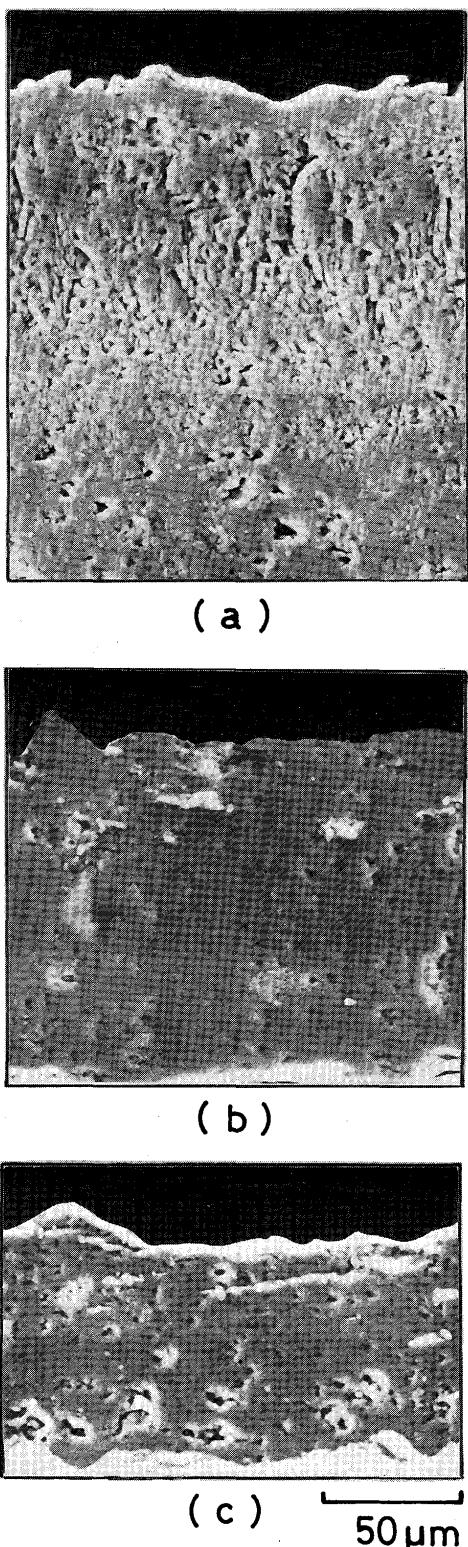


Abb. 2 Bildzerlegungen des Elektron-Mikroskops des Schnittes des Al_2O_3 Spritzschicht.
(a): $L=50\text{mm}$, (b): $L=80\text{mm}$, (c): $L=110\text{mm}$

ob die Spritzpartikel der sprühenden Al_2O_3 auf der Hauptmaterie ihre Kühlungsgeschwindigkeit verringerten.

Bie Abb. 3 zeigt sich der besondere Charakter der Micro Vickers Härte in Richtung con Dicke des Spritz-

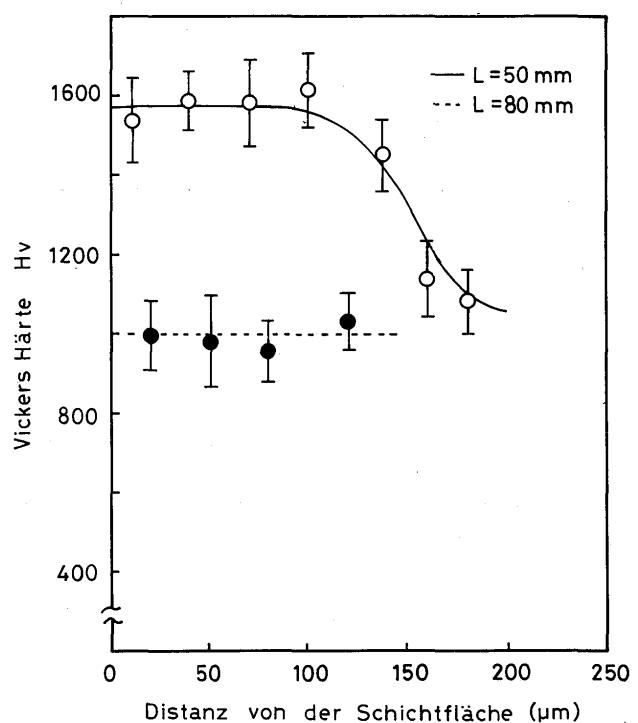


Abb. 3 Charakter der Vickers Härte in Richtung con Dick der Al_2O_3 Spritzschicht

schichtschnitts der Al_2O_3 mit dem Einsatz eines Plasma Strahis $P = 38\text{kW}$, der Spritzdistanz 50mm , 80mm , 110mm . Im Fall der Spritzdistanz $L=50\text{mm}$ ist zu erkennen, daß es bei der Oberflächenschicht bis zu $100\mu\text{m}$ harte Schichten mit der Micro Vickers Härte H_v 1600 gibt. Sie sind zu erkennen als Schichten der Zweigstruktur, die von den Bildzerlegungen des Elektron Mikrograph mit der Spritzdistanz $L=50\text{mm}$ beobachtet wurden, wie in der Abb. 2. Der Wert in der Nähe der unteren Schicht ist $H_v= 1100$, und die Härte in der Richtung der Schichtdicke ist konstant. Im Fall der Spritzdistanz $L=80\text{mm}$ zeigt sich hingegen die Micro Vickers Härte zur Richtung der Schichtdicke im ungefähr gleichen Wert von $H_v=1000$, so daß die Verbreitung der Härte keine Veränderung hat.

In Abb. 4 (a), (b) zeigen wir das Resultat der X-Strahl Diffraktion der Oberfläche der Al_2O_3 Spritzschicht. Das Muster der X-Strahl Diffraction von (a) ist die Spritzschicht nach der bisherigen Methode. Man erkennt, daß die Schicht aus den zwei Aspekten von α oder γ Al_2O_3 besteht. Im Fall, daß man die Al_2O_3 -Schicht durch den Plasma Spritz produziert, wird die $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, die nach dem Sprühen der Schicht die 'meta-stabile Phase' ist, gebildet, obwohl die Spritz pulver die $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ als Rohstoff gebrauchten. Dies geschieht deswegen, weil die kritische freie Energie bei der Gestaltung des Kernes von $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ kleiner ist als die von der $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ um so mehr produziert wird, wenn die Kühlungsgeschwindigkeit von den Al_2O_3 -Spritzpartikel schneller ist.⁷⁾ (b) zeigt das Muster der X-

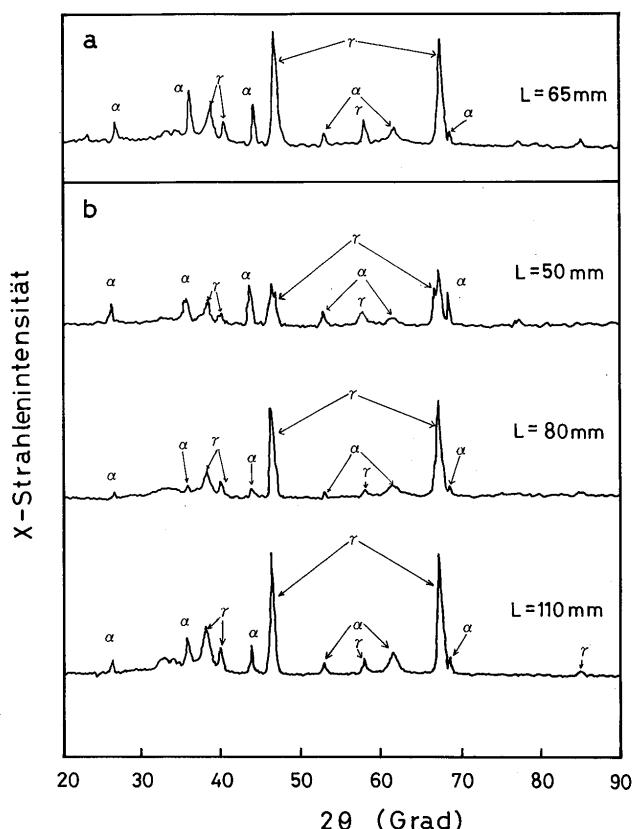


Abb. 4 Muster der X-Strahl Diffraktion der Al_2O_3 Spritzschicht
 (a): Normal Typus
 (b): Gas-Tunnel Typus

Strahl Diffraktion von der Schichtoberfläche der Al_2O_3 mit der Spritzdistanz $L=50\text{mm}$, 80mm und 110mm . Das Muster der X-Strahl Diffraktion ändert sich nicht so sehr, falls die Spritzdistanz von $L=80\text{mm}$ zu $L=110\text{mm}$ gewechselt wird. Im Vergleich zur X-Strahl Diffraktion aufgrund der bisherigen Methode ist sie auch nicht leicht zu verändern. Im Fall der Spritzdistanz $L=50\text{mm}$ ist zu erkennen, daß der Spitzenpunkt von der $\gamma\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3$ hingegen verhältnismäßig verkleinert und der Spitzenpunkt von der $\gamma\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3$ vergrößert wird. Die Höhe des Spitzenpunktes von der $\gamma\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3$ mit (400) Phasen und (440) Phasen, die in $2\theta=45.9$ und 67.1 bestehen, wird rasch verkleinert.

Wir sind der Meinung, daß dieser Fall und der Fall von der Spritzdistanz $L=50\text{mm}$ in der Abb. 2 die Resultate der Verkleinerung der Kühlungsgeschwindigkeit der verschmelzenden Al_2O_3 Partikel auf der Hauptmaterie sind, weil man die Zweigstruktur durch die Bilderzerlegung des Elektron Mikrograph beobachten kann.

Die Al_2O_3 -Schichten nach dem Plasma Spritz bestehen aus der $\alpha\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3$ Phase und der $\gamma\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3$ Phase und ändern sich zur noch stabilen $\alpha\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3$ Phase durch die Hitze-Behandlung nach dem Sprühen. Mit dem Plasma Spritzgerät des Gas-Tunnel-Typs kann man eine Spritzschicht

von einer einzigen Phase der stabilen $\alpha\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3$ Schicht leicht produzieren, ohne eine Hitze-Behandlung nach dem Sprühen.

4. Schlußfolgerung

Wir haben folgende Resultate erzielt, indem wir die Strukturanalyse der Al_2O_3 Spritzschicht, die vom Plasma Spritzgerät des Gas-Tunnel-Typs produziert wurde, gemacht haben. Bei der Spritzdistanz $L=80\text{mm}$, 110mm hat die Spritzschicht wenig Porosität in der Schichtstruktur, es gibt aber strukturell keine Änderung im Vergleich zum Spritzgerät nach der bisherigen Methode. Bei der Spritzdistanz $L=50\text{mm}$ ist es schwer, mit der bisherigen Methode eine Spritzschicht zu formen, trotzdem konnten wir eine Al_2O_3 Spritzschicht des Plasma Spritzgeräts des Gas-Tunnel-Typs produzieren. Die Micro Vickers Härte dieser Spritzschicht ist $Hv=1600$. Es ist klar geworden, daß diese Härtenschicht die Spritzschicht ist, die sich währenddessen zur stabilen $\alpha\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3$ Phase umgestaltet. Das haben wir durch die X-Strahl Diffraktion festgestellt.

Danksagung

Diese Arbeit wurde zu einem Teil von einem Forschungsstipendium für Wissenschaftliche Forschung des Ministerium für Erziehung, Wissenschaft und Kultur finanziell unterstützt.

Literatur

- 1) K. Takeda; "Grundlagen der Plasma-Spritz-Technik und ihrer Anwendungen", Yosetsugijutsu, 8 (1986) 19–24 (Japanisch)
- 2) Y. Arata und A. Kobayashi; "Entwicklung der Plasma-Düse des Typs Hochleistungs-Gas-Tunnel", J. High Temp. Soc. 11-3 (1985) 124–131 (Japanisch)
- 3) Y. Arata, A. Kobayashi and Y. Habara; "Pressure Distribution and Basic Properties of Gas Tunnel Type Plasma Jet Torch", Trans. JWRI 14-2 (1985) 235–239 (Englisch)
- 4) Y. Arata, A. Kobayashi and Y. Habara; "Basic Characteristics of Gas Tunnel Type Plasma Jet Torch", Japanese. J. Applied Physics, 25-11 (1986) 1697–1701 (Englisch)
- 5) Y. Arata, A. Kobayashi, Y. Habara and S. Jing; "Gas Tunnel Type Plasma Spraying Apparatus", Trans. JWRI. Vol. 15, No. 2 (1987) 55–59 (Englisch)
- 6) Y. Arata, A. Kobayashi und Y. Habara; Formation des Aluminium-Oxyd (Al_2O_3)-Überzugs mit dem Gas-Tunnel Typ Plasma-Sprühen", J. High Temp. Soc. 13-3 (1987) 116–124 (Japanisch)
- 7) N. Iwamoto, N. Umesaki, S. Endoh und H. Kobayashi; "Bindungs-Haftung der Plasma-Gesprühten Aluminium-Überzüge und die Wirkung der Vor-Behandlung von Metall auf die Haftfähigkeit", J. High Temp. Soc. 12-3 (1986) 130–135 (Japanisch)