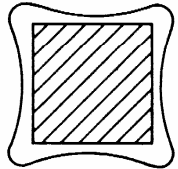
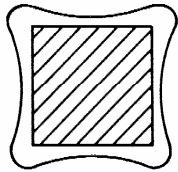
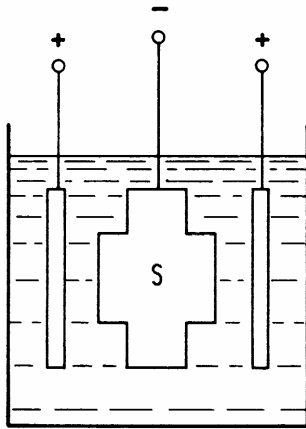


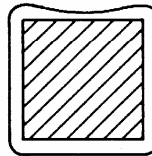
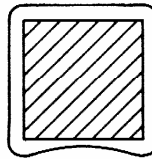
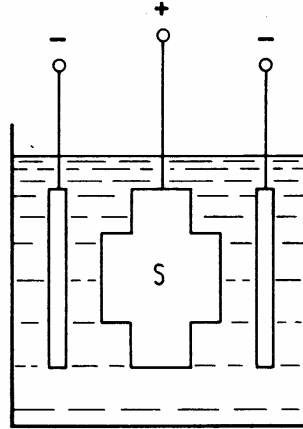
Wiederholung: Elektrochemie

Verfahrenstypen



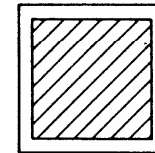
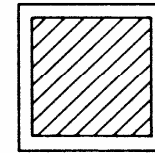
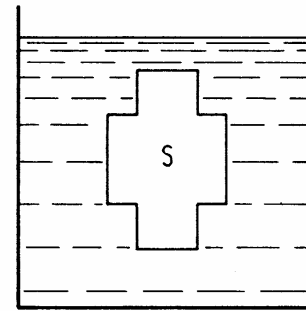
a

**Kathodische
Abscheidung**



b

**Anodische
Oxidation**

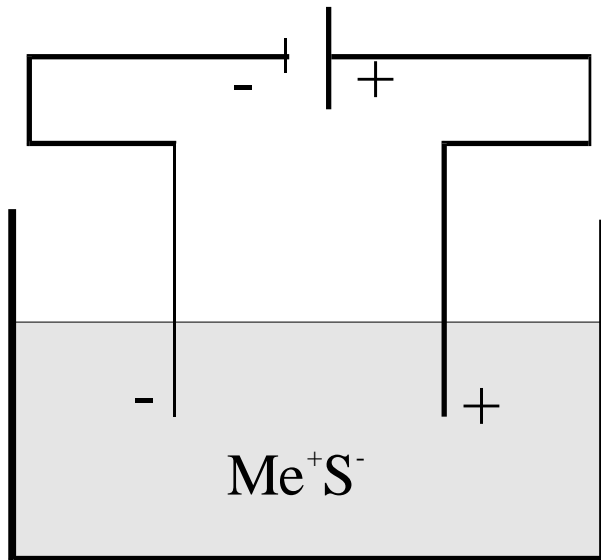


c

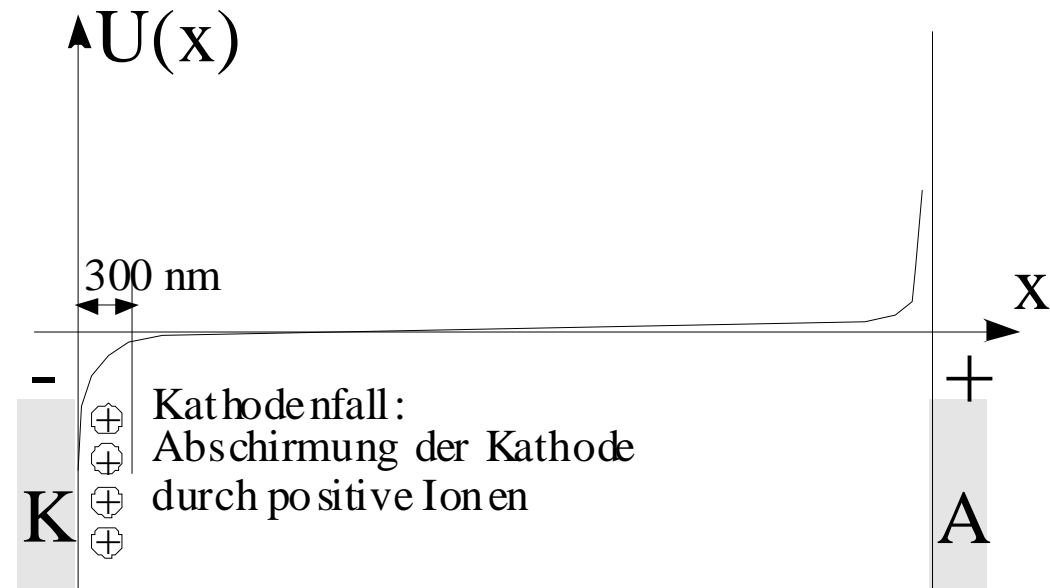
**Stromlose
Abscheidung**

Wiederholung: kathodische Abscheidung

Prinzipieller Aufbau



Potentialverlauf



Generelle Charakteristika:

Metallische Substrate

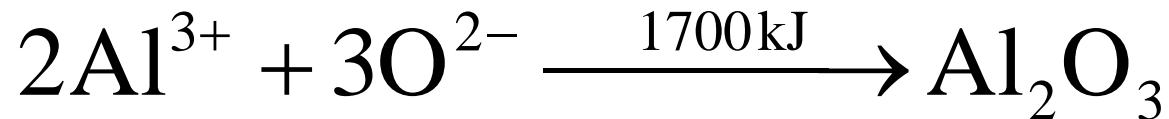
Meist wässrige Lösungen

Enges Parameterfenster in T

Grosses Parameterfenster für Additive

Wiederholung: anodische Oxidation

Chemie:



Aluminiumoxid wächst weiter, da durch Poren immer Kontakt mit Metall vorhanden ist.

Die zunächst poröse Schicht kann infiltriert und gefärbt werden kann, danach wird sie verdichtet.

Das Verfahren ist extrem masshaltig, da keine Zusatzschicht aufgebracht wird, sondern die Reaktion ins Metall hinein erfolgt.

Wiederholung: stromlose Abscheidung

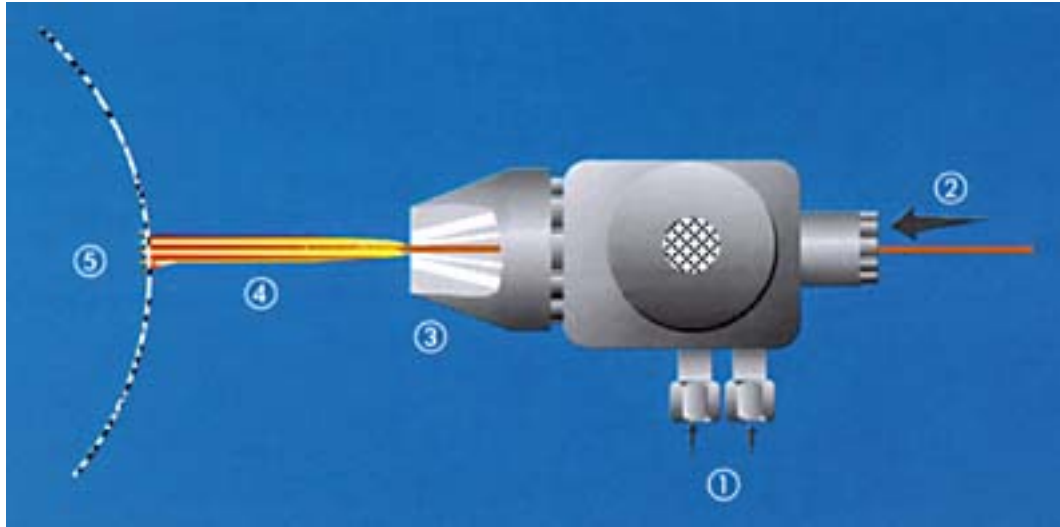
- + Reduktion von Metallionen durch Elektronen eines in das Lösungsmittel eingebrachten Reagens.
- + Die Reaktion findet **nur an einer katalytischen Oberfläche** (Metalloberfläche, da aus dieser leicht Elektronen abgezogen werden können) statt.
- + Damit der Beschichtungsprozess weitergeht, muß das abgeschiedene Material ebenfalls autokatalytisch sein.
- + Falls **keine katalytische Oberfläche (Isolator)** vorhanden ist: Aktivierung mit PdCl_2 oder SnCl_2 ; Pd bzw. Sn werden direkt auf der Oberfläche abgeschieden und wirken katalytisch.
- + Reagenzien:
 - Natrium-Hypophosphit: Ni, Co
 - Natrium-Borohydrid: Ni, Au
 - Dimethylaminboran: Ni, Co, Au, Cu, Ag
 - Hydrazin: Ni, Au, Pd
 - Formaldehyd: Cu

Thermisches Spritzen: Verfahrenstypen

- **Flammspritzen**
- **Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen**
- **Detonationsspritzen**
- **Lichtbogenspritzen**
- **Kaltgasspritzen**

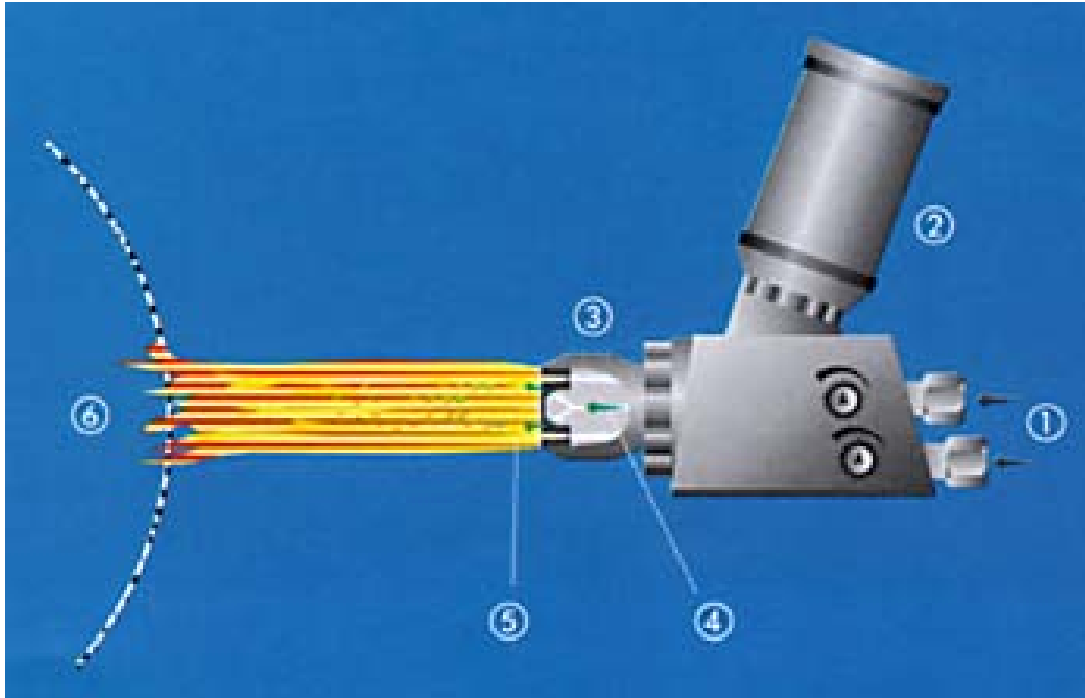
Weitere Informationen: <http://www.gts-ev.de>
Gesellschaft thermisches Spritzen

Flammspritzen mit Draht



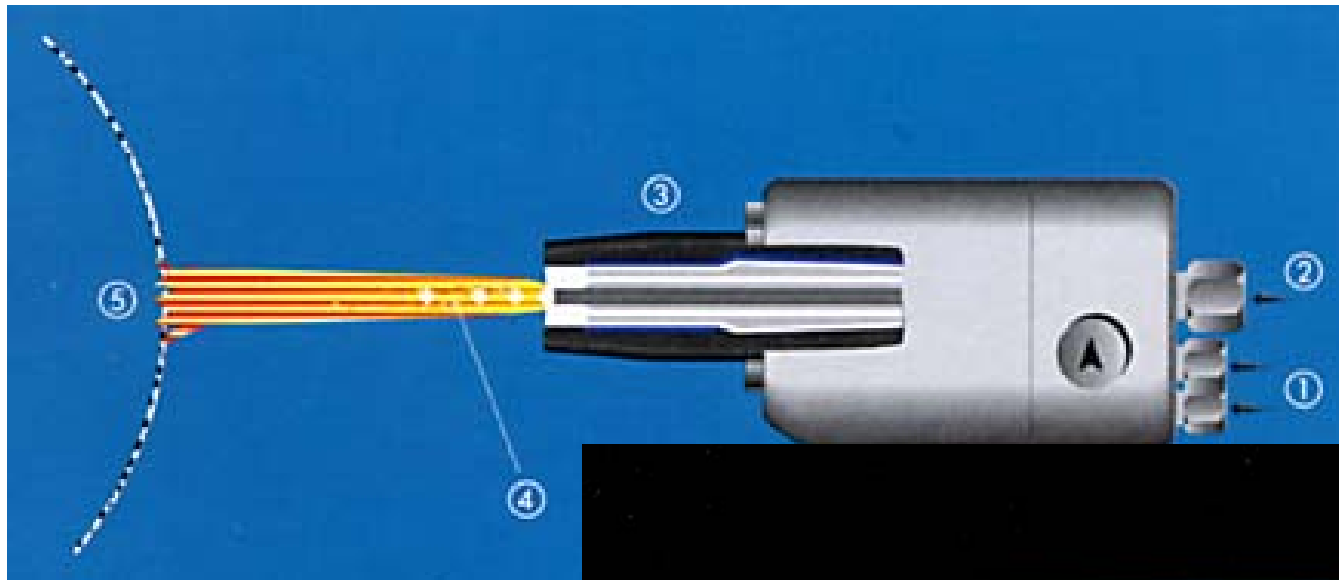
1. Acetylen/Sauerstoff
2. Draht oder Stab
3. Brennerdüse
4. Acetylen/Sauerstoff-Flamme mit Spritzpartikeln
5. Substrat

Flammspritzen mit Pulver



1. Acetylen/Sauerstoff
2. Pulverbehälter
3. Brennerdüse
4. Fördergas+Pulver
5. Acetylen/Sauerstoff-Flamme mit Spritzpartikeln
6. Substrat

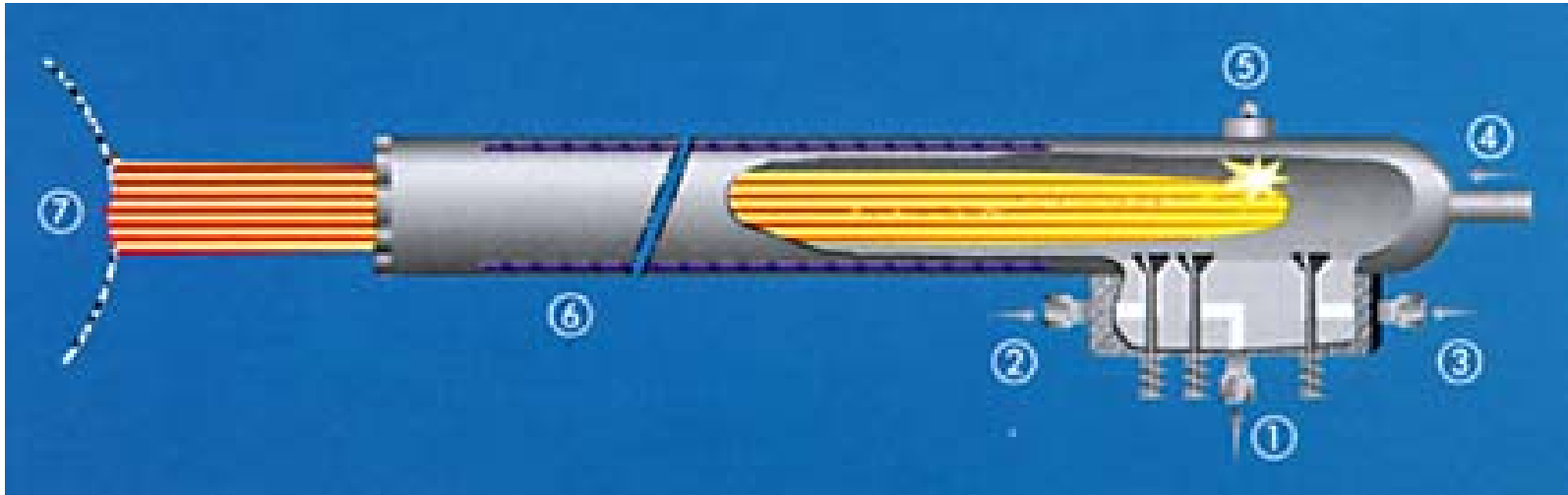
Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF)



HVOF=High Velocity Oxygen Fuel

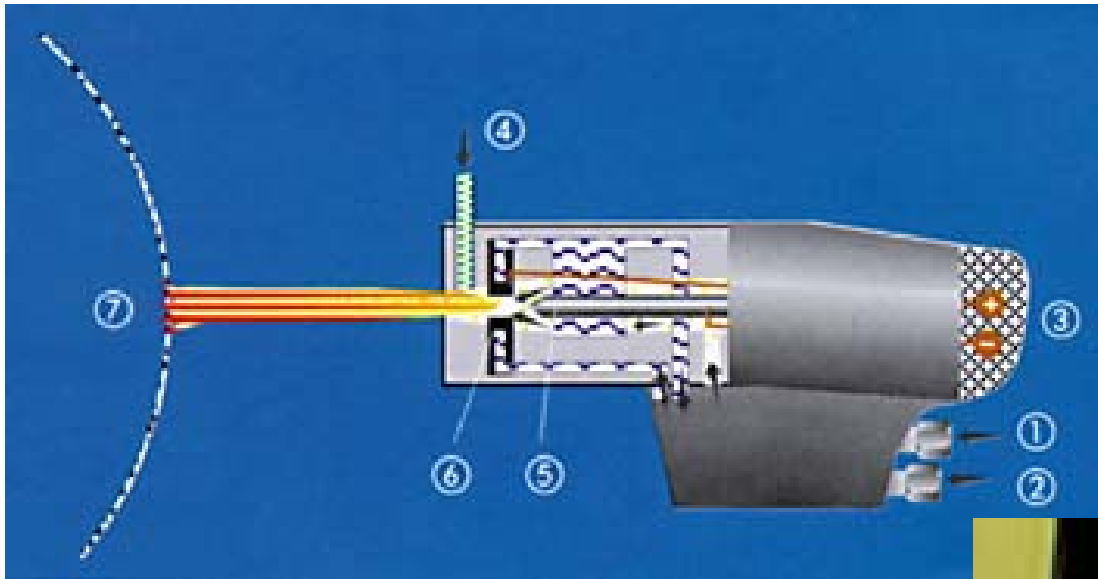
1. Brenngas/Sauerstoff
2. Pulver
3. Brennerdüse mit/ohne Wasserkühlung
5. Brenngas/Sauerstoff-Flamme mit Spritzpartikeln
6. Substrat

Detonationsspritzen



1. Acetylen
2. Sauerstoff
3. Stickstoff
4. Spritzpulver
5. Zündeinrichtung ("Zündkerze")
6. Austrittsrohr mit Wasserkühlung
7. Substrat

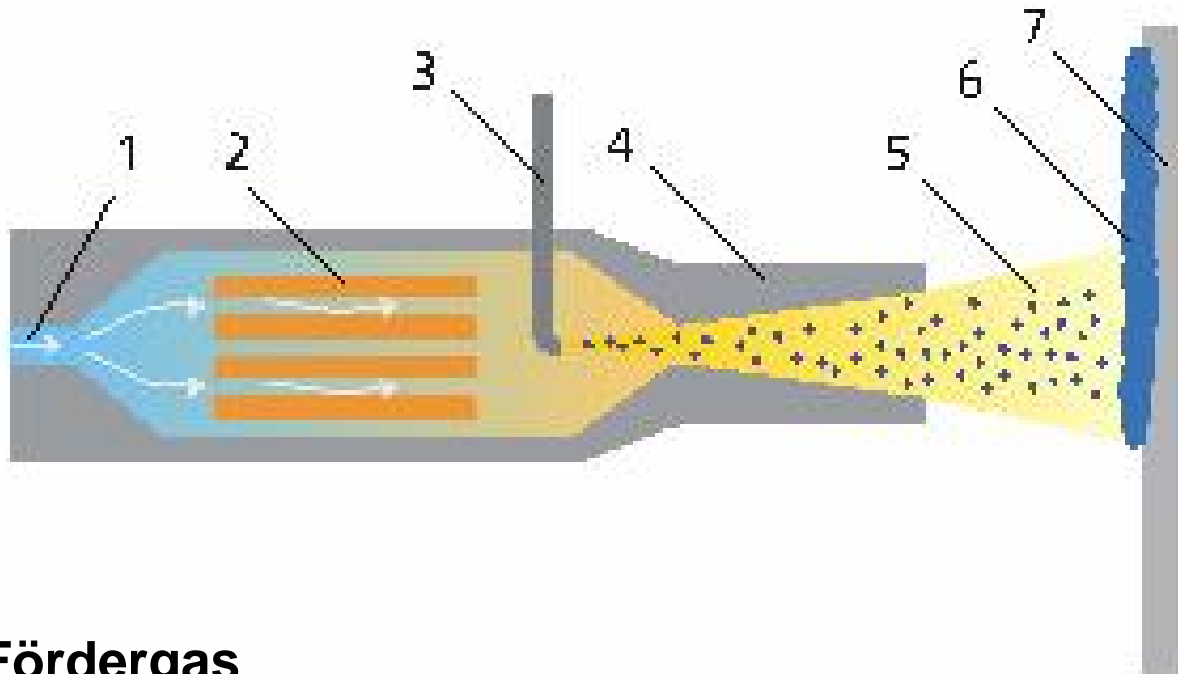
Plasmaspritzen



1. Edelgas
2. Kühlwasser
3. Gleichstrom
4. Pulverisiertes Spritzmaterial
5. Kathode
6. Anode
7. Substrat



Kaltgasspritzen



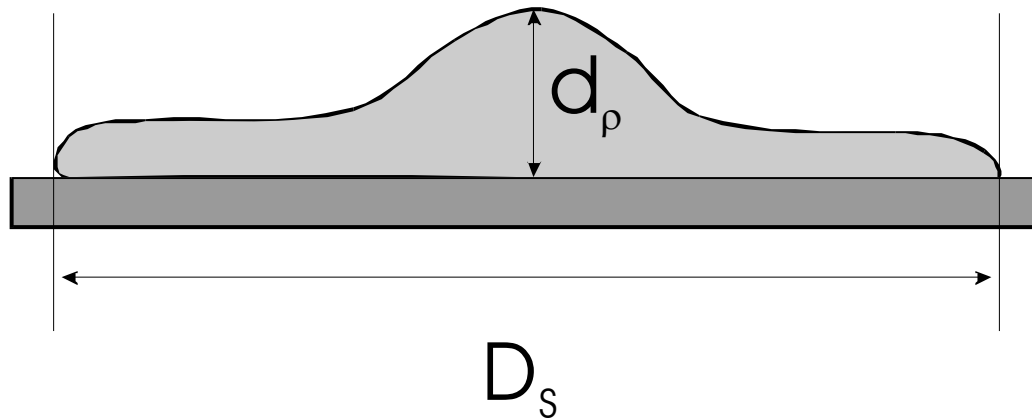
1. Fördergas
2. Heizelemente
3. Pulverzufuhr
4. Überschalldüse
5. Spritzstrahl
6. Schicht
7. Substrat

Thermisches Spritzen: Verfahrenscharakteristika

	Flamm- spritzen	HVOF Hochg.- Flammspr.	Flamm- schockspr.	Lichtbogen spritzen	Atmps. Plasmaspr.	Vakuum Plasmaspr.
Gastemperatur [°C]	3000	3000	4000	4000	12000- 16000	12000- 16000
Partikelgeschw. [m/s]	40	800	800	100	200-400	300-600
Haftzugfestigk. [Nmm ⁻²]	8	>70	>70	12	60-80	>70
Oxidgehalt [%]	10-15	1-5	1-5	10-20	2-3	ppm
Porosität [%]	10-15	1-2	1-2	10	2-3	<0.5
Spritzleistung [kg/h]	2-6	3-8	1	10-25	2-10	3-15
Rel. Kosten [1=niedrig]	1	3	4	2	4	5

Thermisches Spritzen: Grundlagen

Teilweise geschmolzener Tropfen trifft auf Substrat:

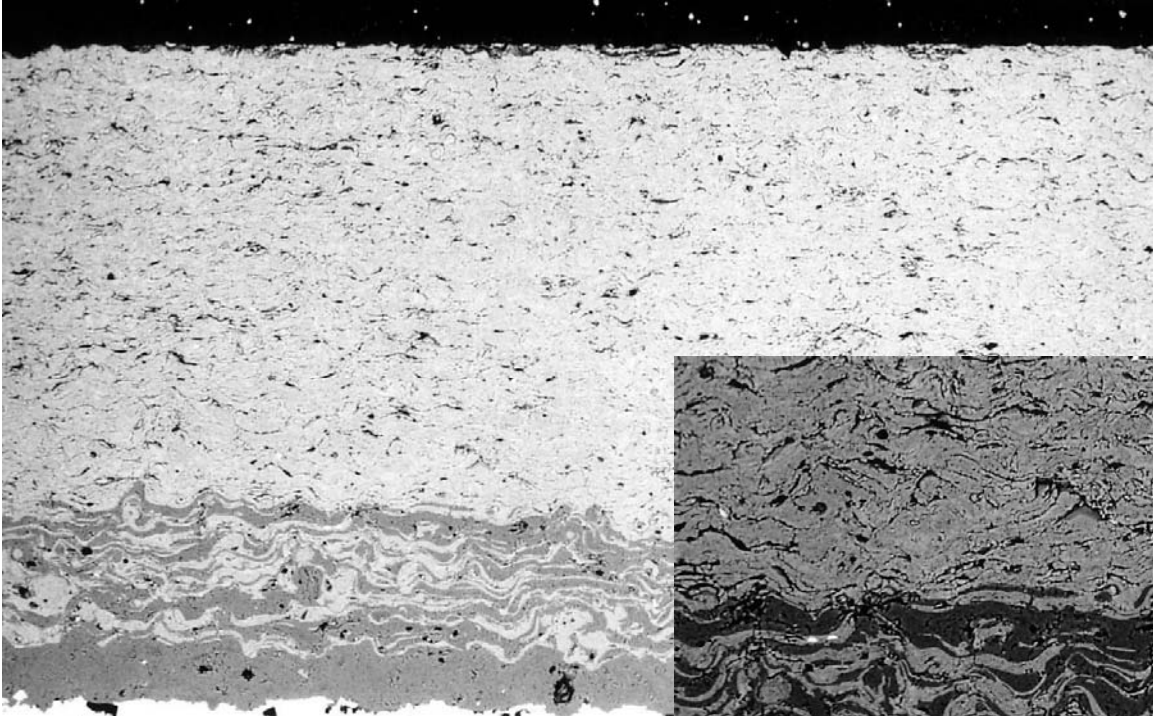


"Sombromorphologie"

$$\frac{D_s}{d_\rho} = 1,3 \cdot \left(\frac{\rho \cdot v_i}{\mu} \right)^{0,2}$$

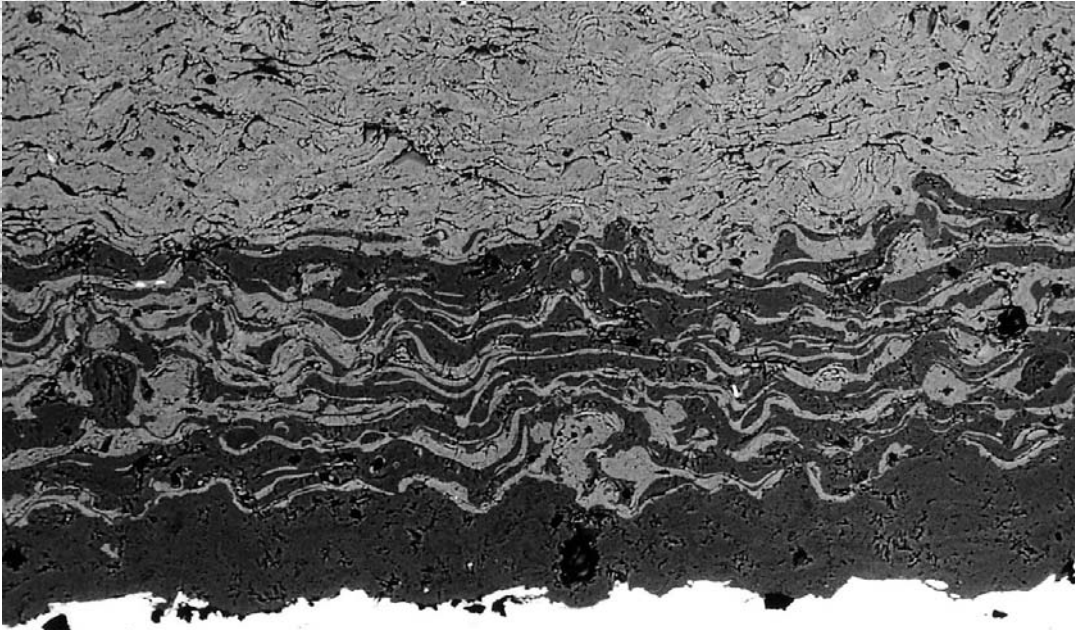
ρ = Dichte der Schmelze
 v_i = Impaktgeschwindigkeit
 μ = Viskosität der Schmelze

Thermisches Spritzen: Schichtmorphologie



500 μm

200 μm



Thermisches Spritzen: Anwendungen



KFZ-Technik

Medizin



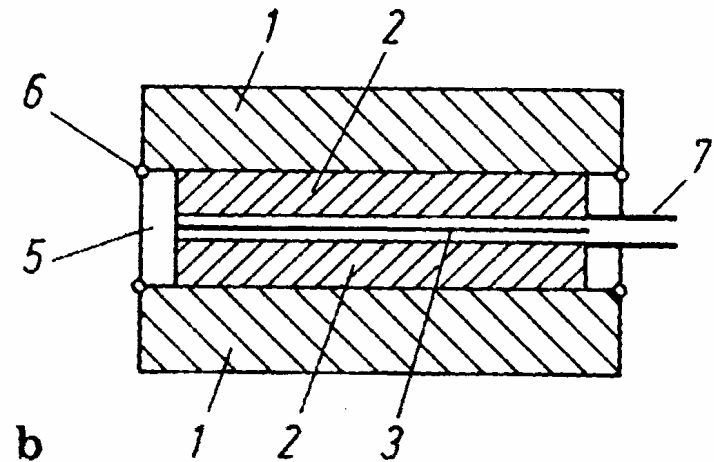
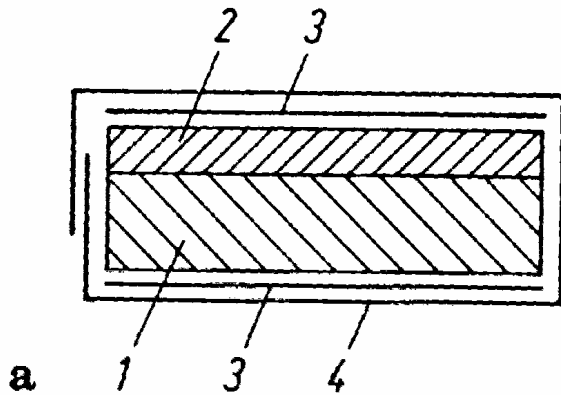
Grossgeräte



Haushalt



Walzplattieren

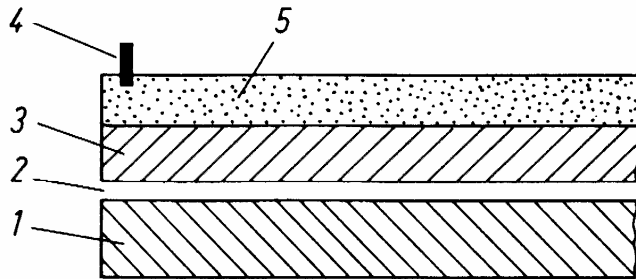


Einpacken in Knopfbleche

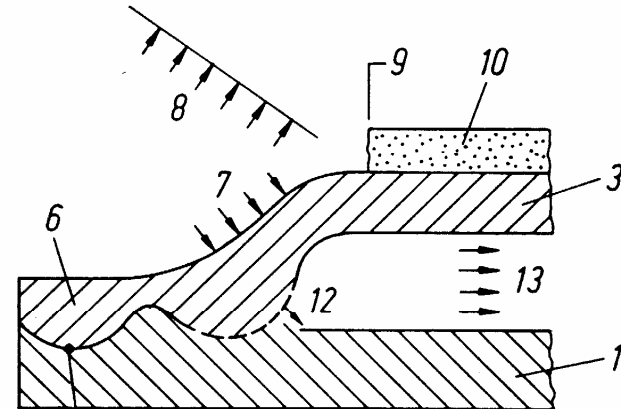
Verschweißen in Distanzrahmen

1. Grundwerkstoff (Substrat)
2. Aufgewerksstoff (Schicht)
3. Trennschicht (Glaswolle, MgO oder Al_2O_3)
4. Knopfblech, verschlossen durch Falzen oder Schweißen
5. Eingeschweisster Distanzrahmen
6. Schweissnaht
7. Evakuierstutzen

Sprengplattieren



a



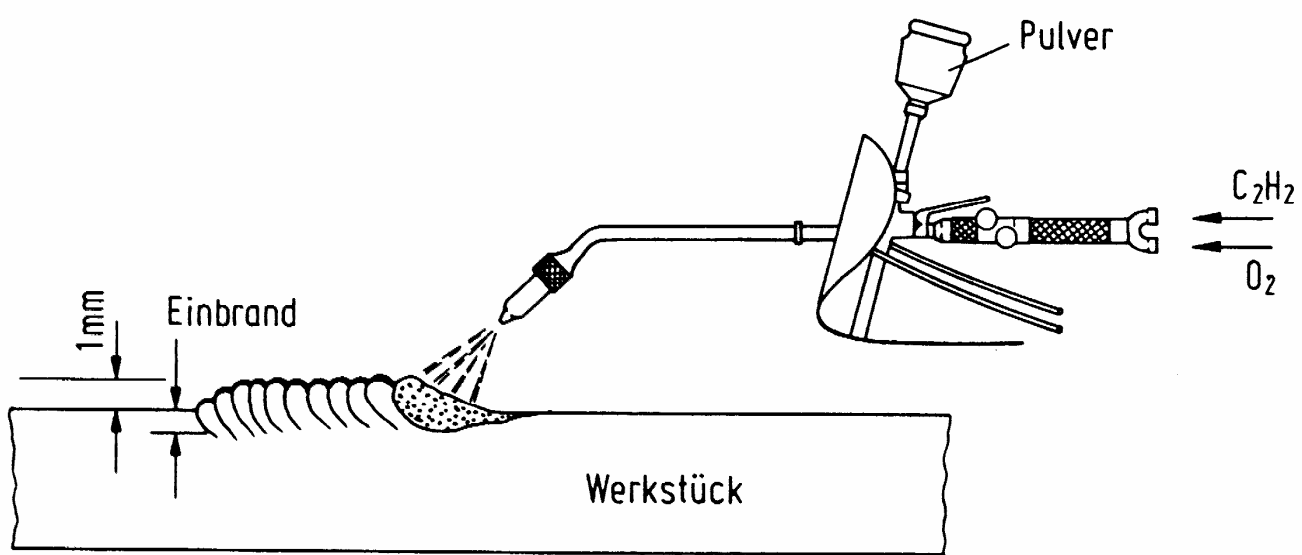
b

1. Grundwerkstoff (Substrat)
2. Abstand
3. Auflagewerkstoff (Schicht)
4. Zünder
5. Sprengstoffschicht
6. Plattierter Auflagewerkstoff
7. Beschleunigter Auflagewerkstoff
8. Detonationsprodukte
9. Detonationsfront im Sprengstoff
10. Unverbrannter Sprengstoff
11. Wellenförmige Übergangszone
12. Materialströmung hoher Geschwindigkeit
13. Stossfront in Luft

Auftragsschweissen: Verfahrenstypen

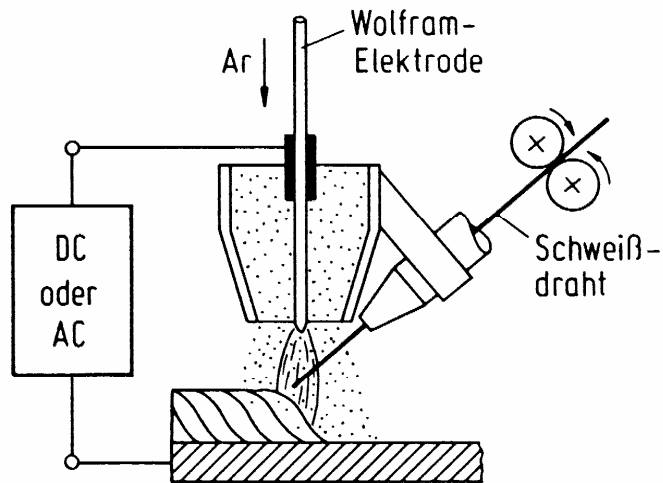
- **Flammen Auftragsschweissen**
- **Lichtbogen-Auftragsschweissen**
- **Unterpulver-Auftragsschweissen**
- **Plasma-Auftragsschweissen**
- **Laser-Auftragsschweissen**

Flammen-Auftragsschweissen



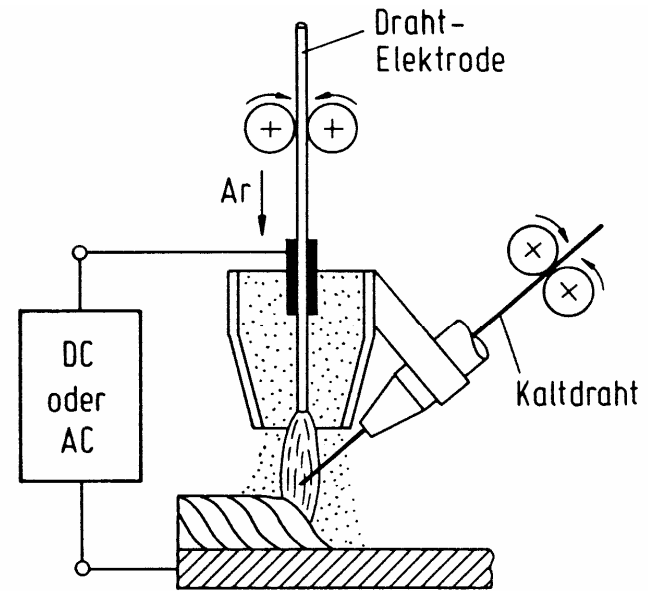
Gas-Pulver-Verfahren

Lichtbogen-Auftragsschweissen



a

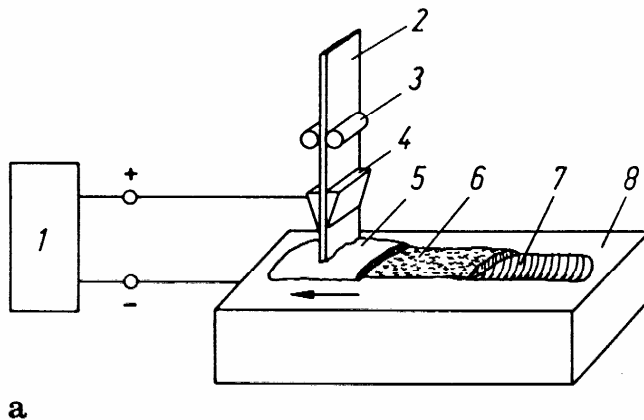
**Wolfram-Inertgas-Verfahren
("WIG")**



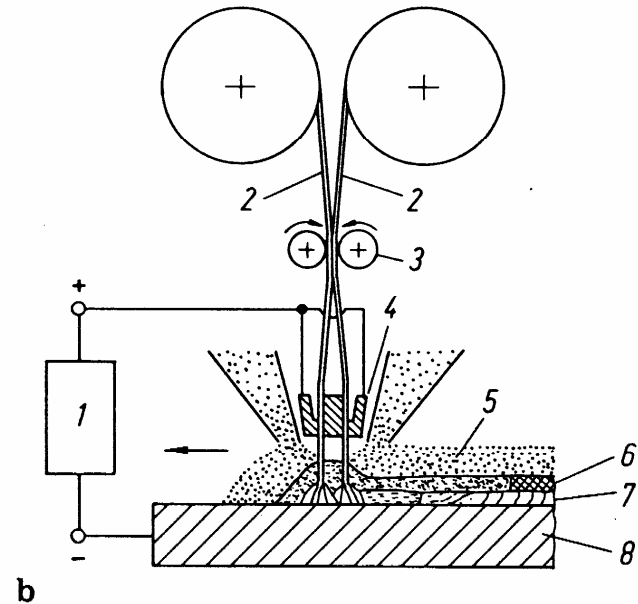
b

**Metall-Inertgas-Verfahren
("MIG")**

Unter Pulver (UP)-Auftragsschweiessen



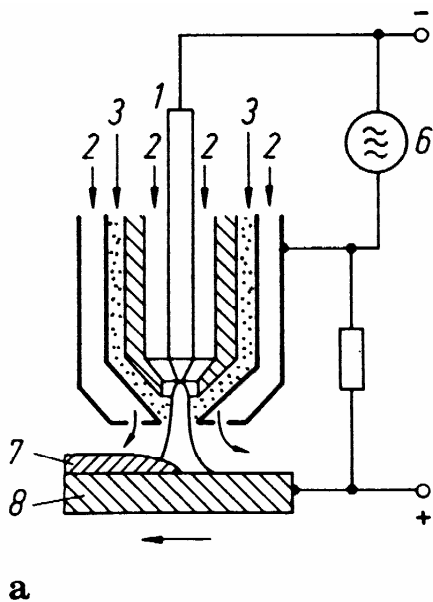
Bandeletrode



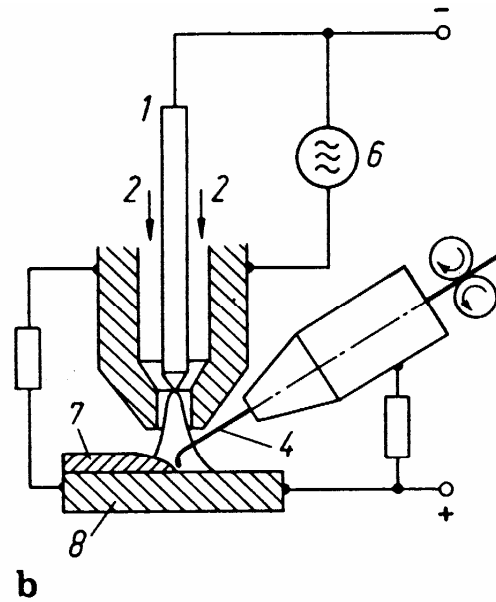
Doppelband

1. Stromquelle
2. Bandeletrode
3. Bandvorschub
4. Kontaktbacken
5. Pulverschüttung
6. Schlacke
7. Schicht
8. Substrat

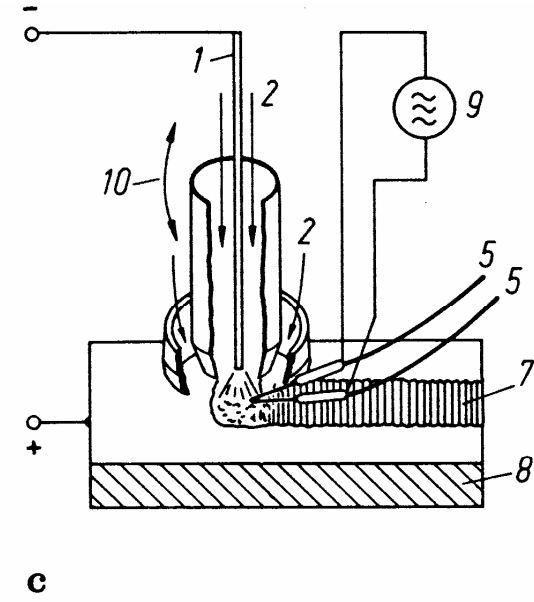
Plasma-Auftragsschweiessen



Schweißpulver



**Schweißdraht
(Plasma-MIG)**

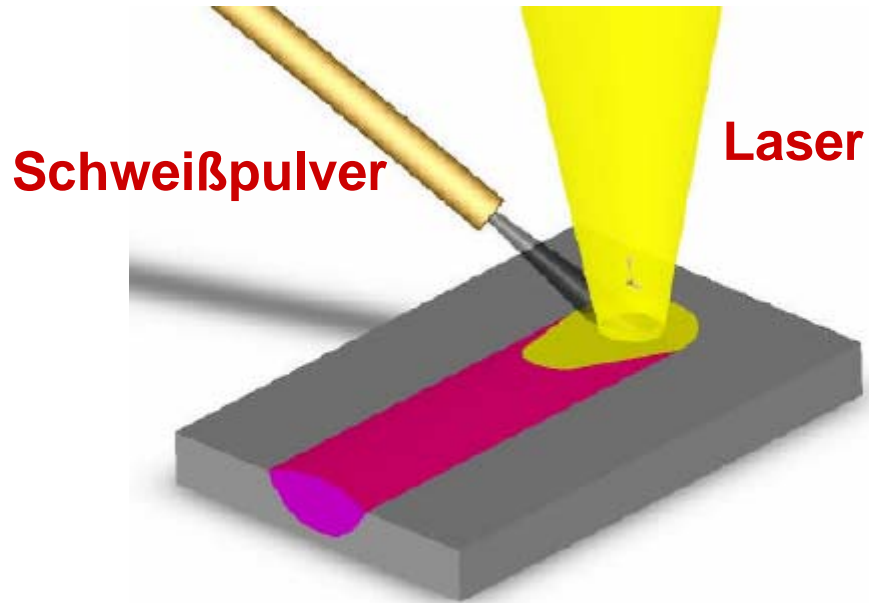


Plasma-Heißdraht

1. Wolframkathode
2. Argon
3. Schweißpulver
4. Schweißdraht
5. Heißdraht

6. HF-Generator zum zünden
7. Schicht
8. Werkstück
9. Heißdraht-Stromquelle
10. Pendelbewegung

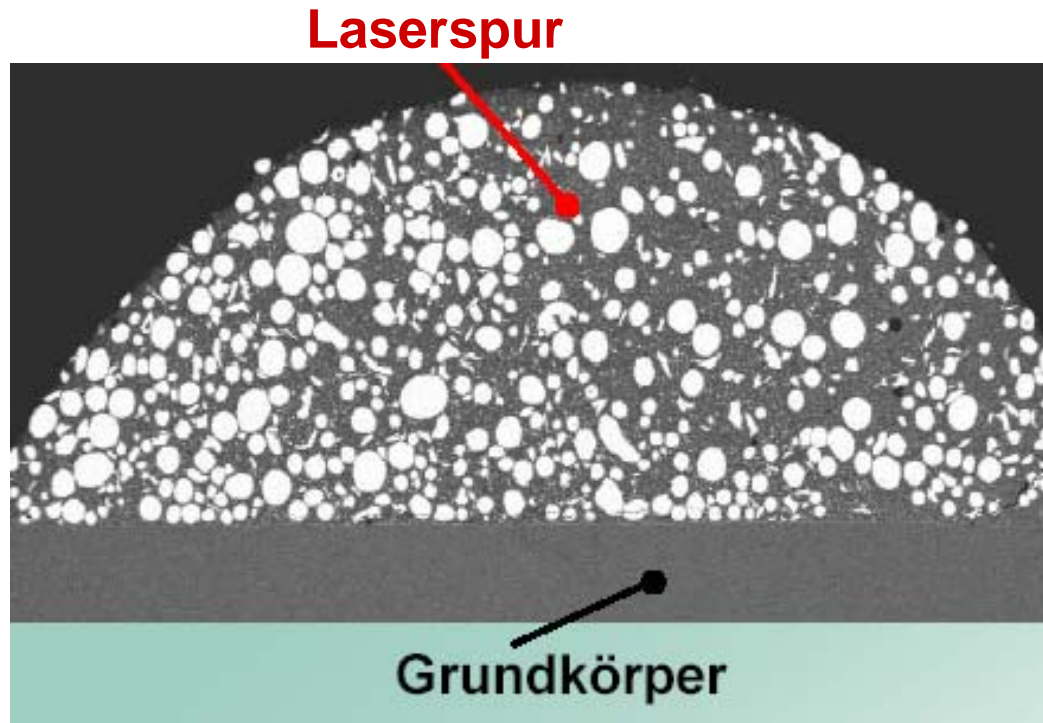
Laser-Auftragsschweissen I



- Geringe thermische Belastung des Substrates
- Dünne, aber dennoch vorhandene Bindezone (einige μm)
- Möglichkeit der Herstellung komplexer Formen

Laser-Auftragsschweissen II

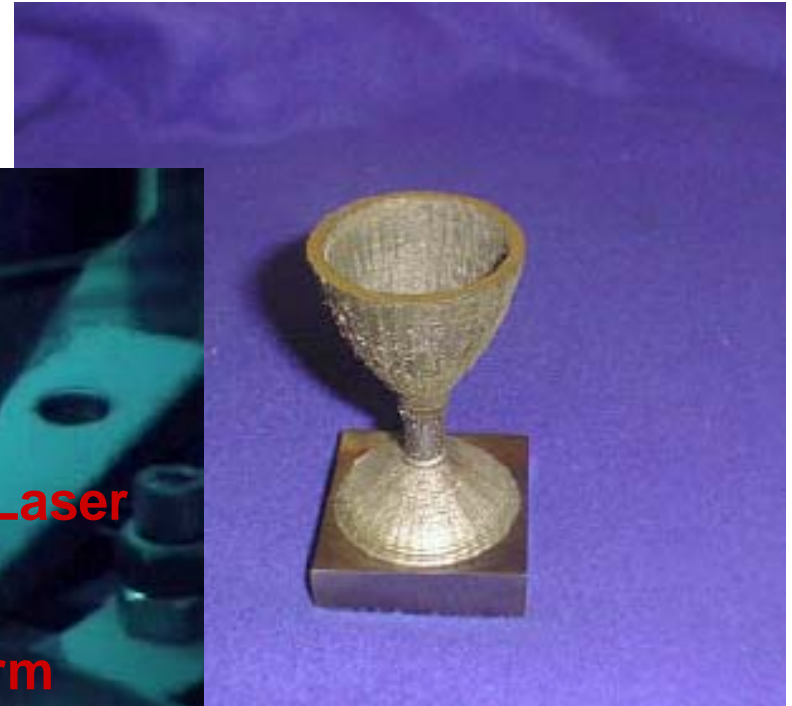
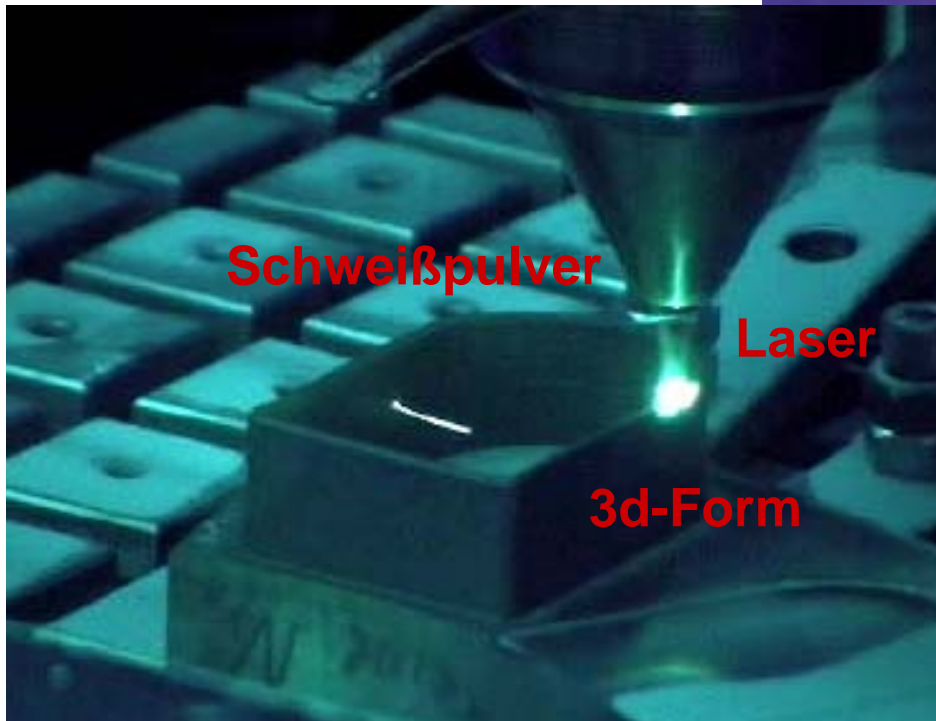
WC-Partikel in Ni-Matrix



Der Grundkörper ist de facto nicht verformt, eine dünne Bindezone ist allerdings vorhanden. Der Werkstoffverbund ist exzellent.

Laser-Auftragsschweissen: 3d-Objekte

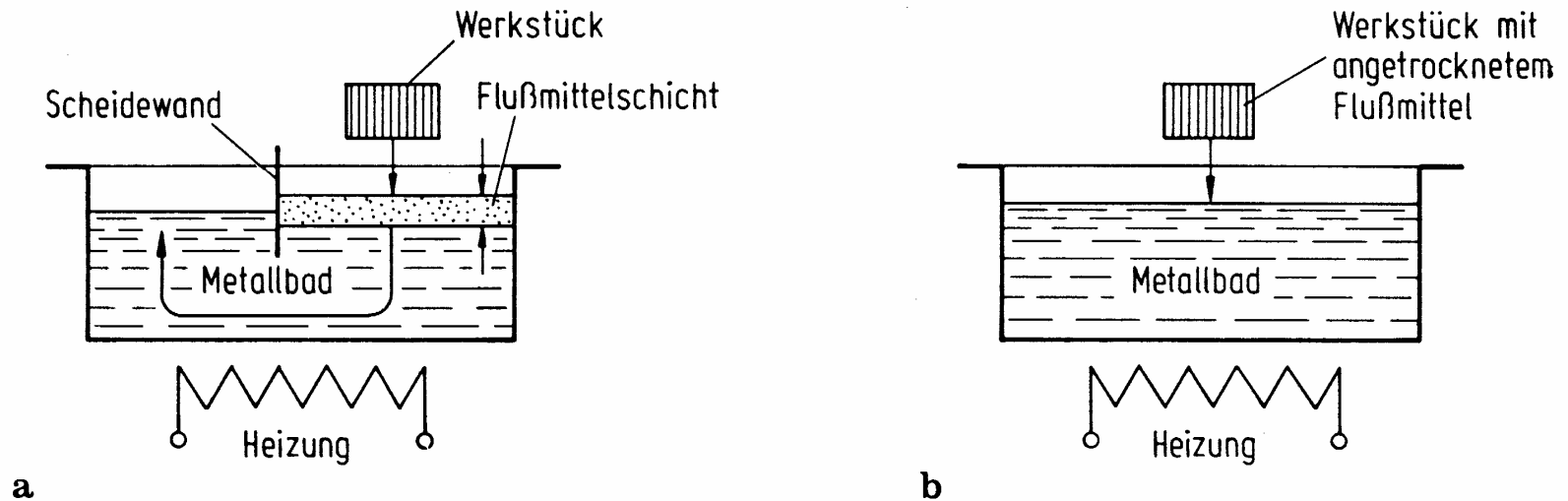
3d-Auftrag



Fertiges Objekt

- Geringe thermische Belastung des Substrates
- Dünne, aber dennoch vorhandene Bindezone (einige μm)
- Möglichkeit der Herstellung Komplexer Formen

Schmelztauchen



**Eintauchen des Werkstückes
durch Flussmittelschicht**

**Vorheriges Aufbringen des
Flussmittels**

- Aufbringen von Korrosionsschutzschichten (z. B.: Zn)
- Zn ist Opferschicht, d.h. wird mit einer Rate von 2-8 $\mu\text{m}/\text{Jahr}$ abgetragen
- Abtrag hängt von den Umweltbedingungen (SO_2) ab.

Moderne Zn-Band-Schmelztauchanlage



TECHNISCHE DATEN

Jahreskapazität: 320.000 t

Durchschnittlich: 45,7 t/h

Bandabmessungen:

Banddicke: 0,35 – 1,2 mm

Bandbreite: 800 – 1.640 mm

Bundgewicht: max. 32 t

Bandgeschwindigkeiten:

Einlauf: max. 250 m/min

Behandlung: max. 180 m/min

Auslauf: max. 300 m/min

Zinkauflage: gesamt 60 – 350 g/m²