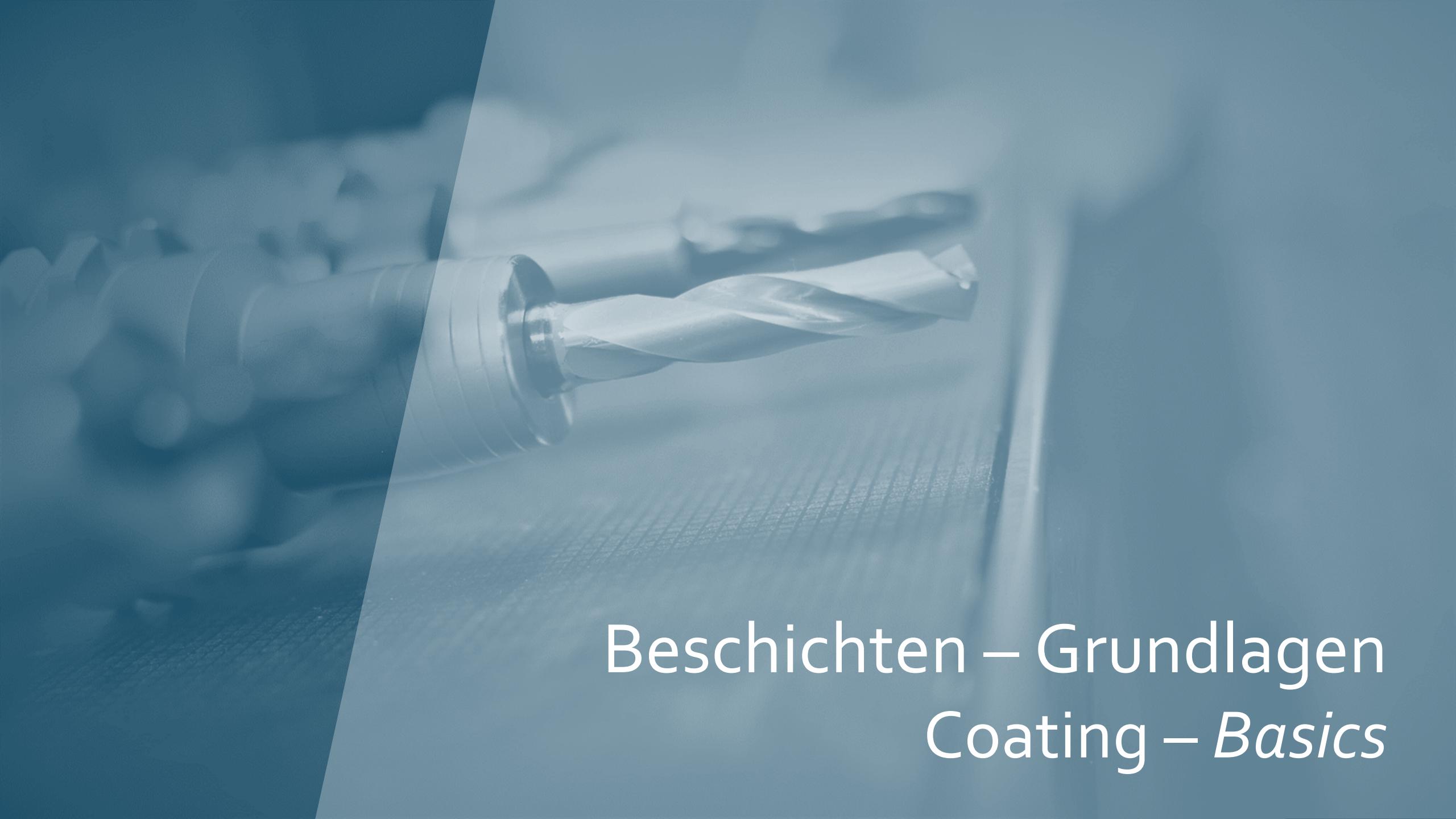


The background of the slide features a close-up, slightly blurred photograph of a precision engineering tool, likely a CNC mill or a similar cutting instrument. The tool has a complex, multi-fluted bit extending from a cylindrical handle. The lighting is dramatic, highlighting the metallic surfaces against a dark, textured background.

Produktionstechnik 2 | Production Technology 2

Beschichten und Stoffeigenschaften ändern **Coating and changing material properties**

Prof. Dr. Nico Hanenkamp



Beschichten – Grundlagen Coating – *Basics*

Beschichten (Hauptgruppe 5) – Definition nach DIN 8580

Coating – Definition according to DIN 8580

Definition:

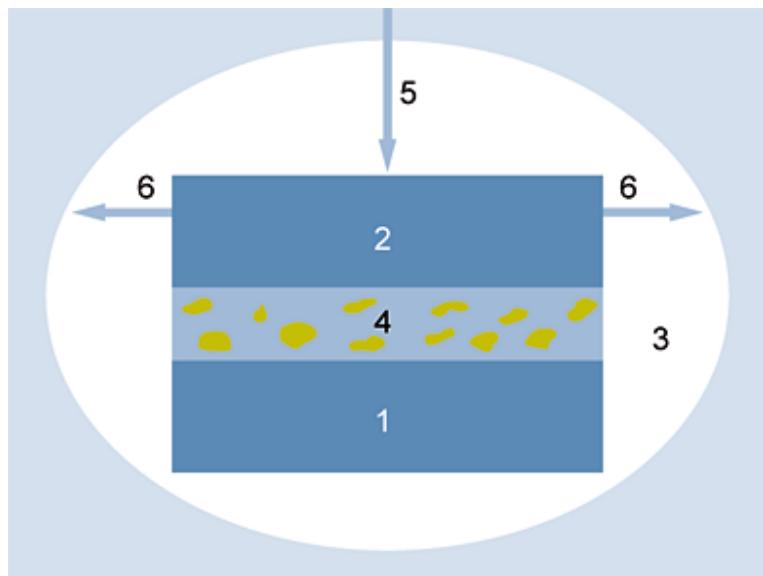
Definition:

Fertigen durch Aufbringen einer fest haftenden Schicht aus formlosem Stoff auf ein Werkstück.

Coating is a manufacturing technique in which a bonding layer of a shapeless material is applied onto the surface of a workpiece (substrate).

Maßgebend ist dabei, dass sich das Beschichtungsmaterial in einem formlosen Zustand (z.B. gas-/ pulverförmig oder flüssig) befindet. Verfahren wie Plattieren, Aufkleben von Folien (Kaschieren) oder Furnieren werden daher nicht zum Beschichten gezählt und gehören zur Hauptgruppe Fügen.

The decisive criterion here is that the coating material is shapeless (e.g. liquid, gas or powder form) before it is applied to the substrate. Processes such as plating, adhesive bonding or veneering are not considered as "coating" and belong to the main group of "joining".



Quelle: Oerlikon balzers

Tribosystem:

Tribological system

1. Grundkörper (Metall, Mineral, Kunststoff, Elastomere)
Basic body (metal, mineral, plastic, elastomer)
2. Gegenkörper (Metall, Mineral, Flüssigkeit, Gas)
Counter body (metal, mineral, fluid, gas)
3. Umgebungsmedium (Flüssigkeit, Gas, Staub)
Ambient medium (fluid, gas, powder)
4. Zwischenstoff (fest, flüssig, gasförmig)
Intermediate material (solid, liquid, gaseous)
5. Belastungsart
Load type
6. Geschwindigkeit
Velocity

Einordnung nach DIN 8580

Classification according to DIN 8580

Hauptgruppe 5 **Beschichten** Main group 5 Coating

Gruppe 5.1
Group 5.1
aus flüssigen Zustand
from liquid state

Gruppe 5.2
Group 5.2
aus dem plastischen
Zustand
from plastic state

Gruppe 5.3
Group 5.3
aus dem breiigen Zustand
from mushy state

Gruppe 5.4
Group 5.4
aus dem körnigen oder
pulverförmigen Zustand
*from the granular or powdery
state*

Gruppe 5.6
Group 5.6
Schweißen
Welding

Gruppe 5.7
Group 5.7
Löten
Soldering / Brazing

Gruppe 5.8
Group 5.8
aus dem gas- oder
dampfförmigen Zustand
(Vakuumbeschichten)
*from the gaseous or vapor state
(vacuum coating)*

Gruppe 5.9
Group 5.9
aus dem ionisierten
Zustand
from the ionized state

- Schmelztauchen
Hot dipping
- Anstreichen / Lackieren
Painting / Varnishing
- Färben
Staining
- Emaillieren / Glasieren
Enamelling / Glazing
- Gießen
Casting
- Drucken
Printing
- Beschriften
Labeling

- Spachteln
Filling
- Putzen / Verputzen
Plastering

- Wirbelsintern
Vortex sintering
- Elektrostatisch
Electrostatic
- Thermisch Spritzen
(DIN 657)
Thermal spraying (DIN 657)

- Schmelzauftrag-
schweißen
Build-up welding
- Auftrag-
Weichlöten
Surfacing by soft soldering
- Auftrag-
Hartlöten
Surfacing by brazing

- Vakuumbedampfen
Vacuum evaporation
- Vakuumbestäuben
Vacuum spraying

- Galvanisch
Galvanic
- Chemisch
Chemical

Die Gruppe 5.5 entfällt, da Beschichten aus dem spanförmigen Zustand nicht existiert.
Group 5.5 is omitted, since coating from the chip-like state does not exist.

Funktionsvielfalt von Beschichtungen

Functional variety of coatings

Aufgaben von Beschichtungen Applications of coatings

Schutz vor chemischen & biologischen Einflüssen

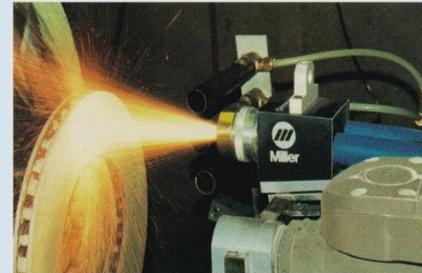
Protection against chemical and biological influences

- Korrosionsschutz
Corrosion protection
- Verschleißschutz
Wear protection
- Lichtschutz
Light protection
- Haftgrund
Primer

Veränderung physikalischer Eigenschaften

Change of physical properties

- Elektroisolation
Electrical insulation
- Leitfähigkeit
Conductivity
- Schalldämpfung
Sound absorption
- Strahlenschutz / Reflexion
Radiation protection / Reflection



Quelle: Miller Thermal, Inc

Dekorative Aspekte

Decorative purposes

- Optischer Eindruck
Optical appearance
- Kunststoffveredelung
Refinement of plastics
- Spiegel
Mirrors
- Farbige Halogenlichter
Coloured halogen lights

Sanitäre Aspekte

Sanitary purposes

- Verschleißschutz
Wear protection
- Minderung der Keimbildung
Reduction of germ formation
- Minderung von Tropfenbildung
(Lotuseffekt)
Reduction of droplet formation (lotus effect)

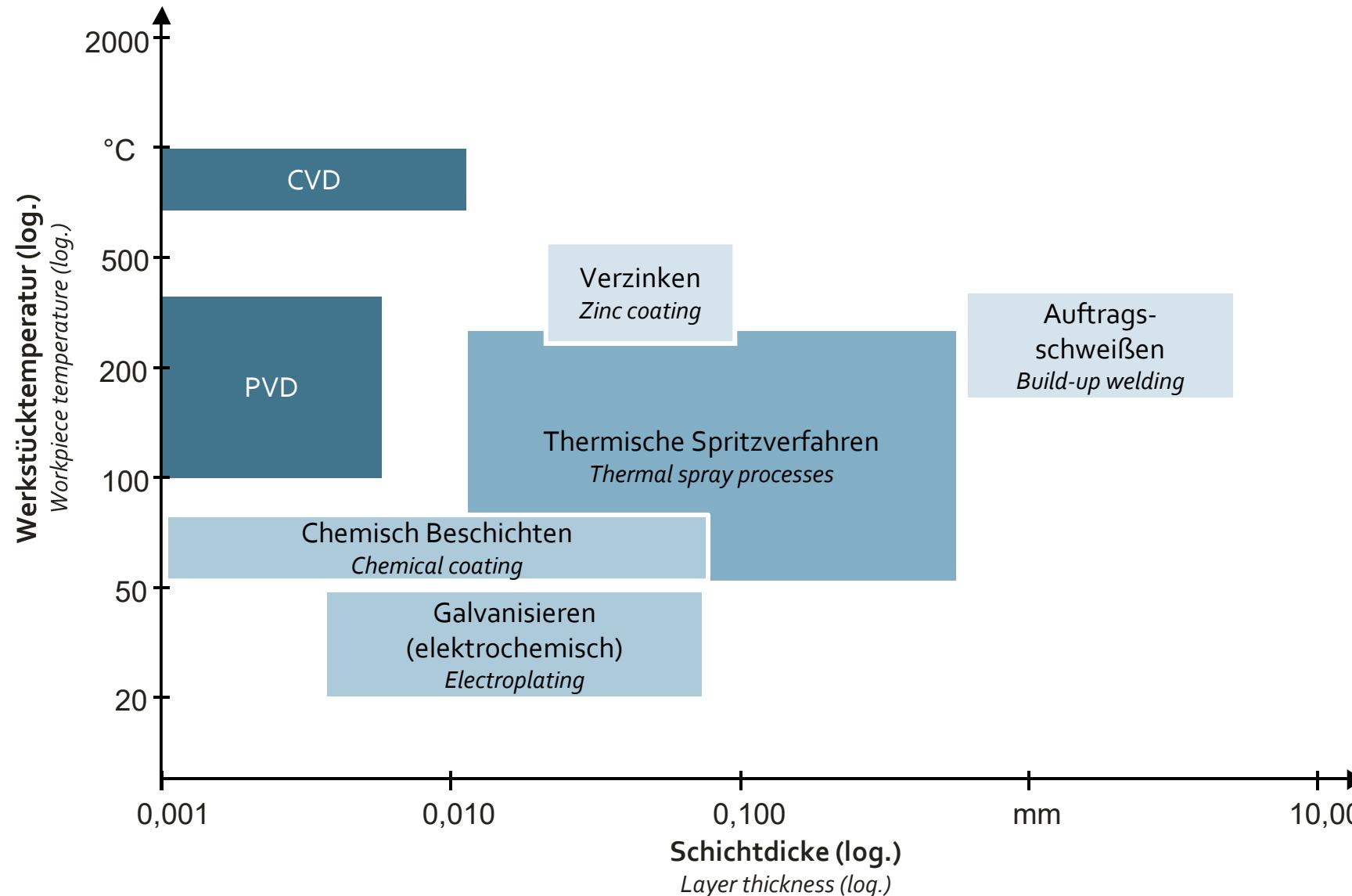
Informative Aspekte

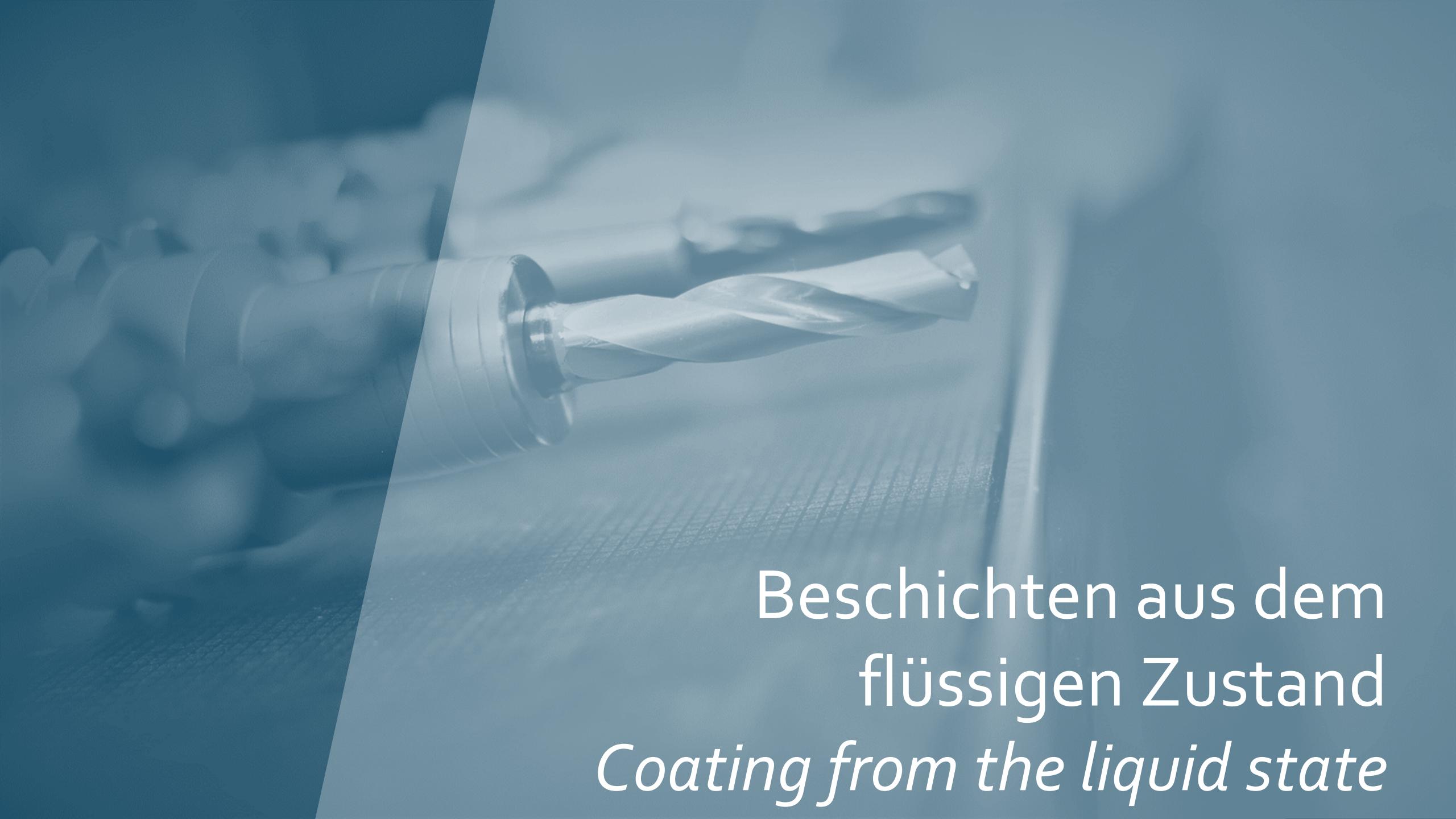
Informative purposes

- Signalisierung
Highlighting
- Tarnung
Camouflage
- Speichermedium
Storage medium

Verfahren zur Herstellung verschiedener Metallisierungsdicken

Methods for generation of different metallization thicknesses





Beschichten aus dem
flüssigen Zustand

Coating from the liquid state

Einordnung nach DIN 8580

Classification according to DIN 8580

Hauptgruppe 5 Beschichten Main group 5 Coating

Gruppe 5.1
Group 5.1
aus flüssigen Zustand
from liquid state

- Schmelztauchen
Hot dipping
- Anstreichen / Lackieren
Painting / Varnishing
- Färben
Staining
- Emaillieren / Glasieren
Enamelling / Glazing
- Gießen
Casting
- Drucken
Printing
- Beschriften
Labeling

Gruppe 5.2
Group 5.2
aus dem plastischen
Zustand
from plastic state

Gruppe 5.3
Group 5.3
aus dem breiigen Zustand
from mushy state

- Spachteln
Filling
- Putzen / Verputzen
Plastering

Gruppe 5.4
Group 5.4
aus dem körnigen oder
pulverförmigen Zustand
*from the granular or powdery
state*

- Wirbelsintern
Vortex sintering
- Elektrostatisch
Electrostatic
- Thermisch Spritzen
(DIN 657)
Thermal spraying (DIN 657)

Gruppe 5.6
Group 5.6
Schweißen
Welding

Gruppe 5.7
Group 5.7
Löten
Soldering / Brazing

- Schmelzauftrag-
schweißen
Build-up welding
- Auftrag-
Weichlöten
Surfacing by soft soldering
- Auftrag-
Hartlöten
Surfacing by brazing

Gruppe 5.8
Group 5.8
aus dem gas- oder
dampfförmigen Zustand
(Vakuumbeschichten)
*from the gaseous or vapor state
(vacuum coating)*

- Vakuumbedampfen
Vacuum evaporation
- Vakuumbestäuben
Vacuum spraying

Gruppe 5.9
Group 5.9
aus dem ionisierten
Zustand
from the ionized state

- Galvanisch
Galvanic
- Chemisch
Chemical

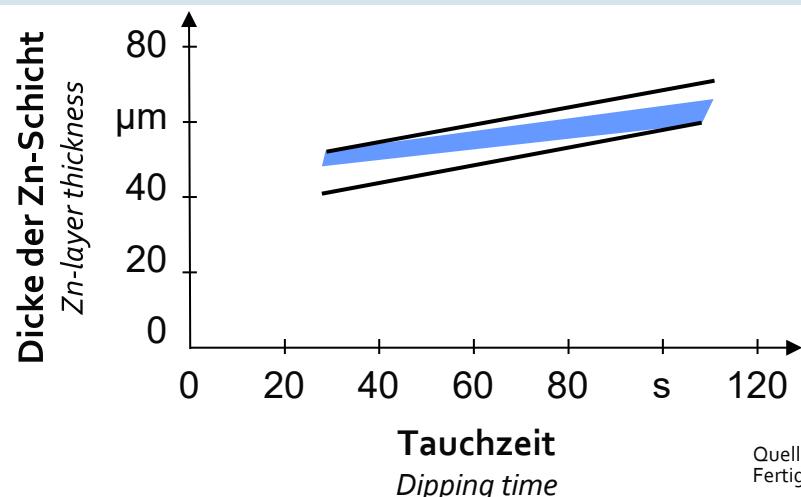
Schmelztauchen – einfache Erzeugung eines metallischen Überzugs

Hot dipping – a simple way of metallic coating generation

Verfahren

Principle

- Anwendung zur Beschichtung von Aluminium, Zink, Zinn und Blei als Korrosionsschutzschicht vorwiegend auf niedriglegierte Stähle
Used for production of coatings of aluminum, zinc, tin and lead as corrosion protection, mainly on low alloyed steel
- Eintauchen des Metallkörpers in schmelzflüssiges Überzugsmetallbad
Dipping a metal body into a molten coating metal solution
- Bildung fester oder flüssiger Reaktionsprodukte an der Grenzfläche
Formation of solid or liquid reaction products on the interface
- Nach dem Herausziehen erstarrt der anhaftende flüssige Oberflächenfilm
After pulling out, the liquid surface film solidifies



Quelle: R. Sautter:
Fertigungsverfahren



Quelle: Voigt & Schweitzer



Quelle: Rio

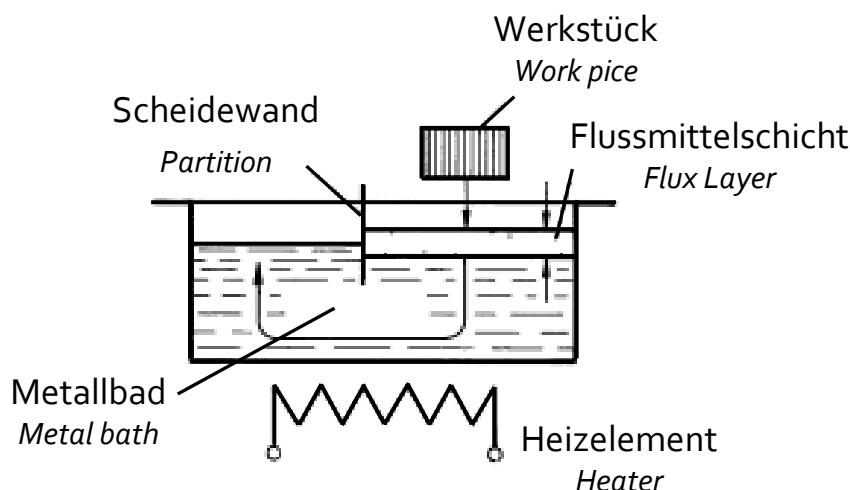
Schmelztauchverfahren

Hot dipping process

Schmelztauchverfahren

Hot dipping process

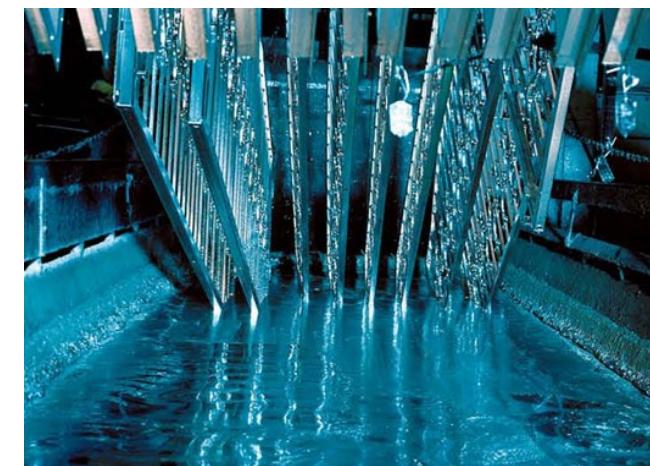
- Feuerverzinnen (300°C)
Hot dip tinning (300°C)
- Feuerverbleien (380°C)
Hot dip leading (380°C)
- Feuerverzinken ($450^{\circ}\text{C} - 530^{\circ}\text{C}$)
Hot galvanizing ($450^{\circ}\text{C} - 530^{\circ}\text{C}$)
- Feueraluminieren (700°C)
Hot dip aluminizing (700°C)



Feuerverzinken

Hot galvanizing

- Diffusion zwischen Zink und Stahl
Diffusion between zinc and steel
- Ausbildung einer Zink-Eisen-Legierungsschicht
Formation of a zinc-iron-coating
- Besteht aus verschiedenen intermetallischen Eisen-Zink-Phasen
Consists of different intermetallic phases of steel and zinc
- Ablagerung einer Reinzinkschicht beim Herausziehen des Werkstückes
A layer of pure zinc forms above the steel



Quelle: Verzinkerei Langer

Lackieren

Varnishing

Verfahren

Principle

- Anwendung zum Auftragen eines flüssigen Beschichtungsstoff
Use for applying a liquid coating material
- Durch chemische oder physikalische Vorgänge wird ein zusammenhängender Lackfilm gebildet
A continuous coating film is formed by chemical or physical processes
- Die Komponenten des flüssigen Lackmaterials lassen sich in vier Gruppen einteilen: Farbmittel und Füllstoffe, Filmbinder, Hilfsstoffe und Lösemittel
The components of the liquid coating material can be classified into four groups: colorants and fillers, film binders, auxiliaries and solvents
- Um eine gute Haftung zu ermöglichen, müssen vor dem Lackieren die Oberflächen gründlich vor Rost, Zunder, Schmutz sowie korrosiven Oberflächenveränderungen gereinigt werden
To ensure good adhesion, the surfaces must be thoroughly cleaned from rust, scale, dirt and corrosive surface changes before painting

Lackierverfahren

Varnishing processes

- Spritzlackieren
Spray painting
- Heißspritzen
Hot spraying
- Elektrostatisches Spritzen
Electrostatic spraying
- Tauchlackieren
Dip coating
- Walzen
Rolling

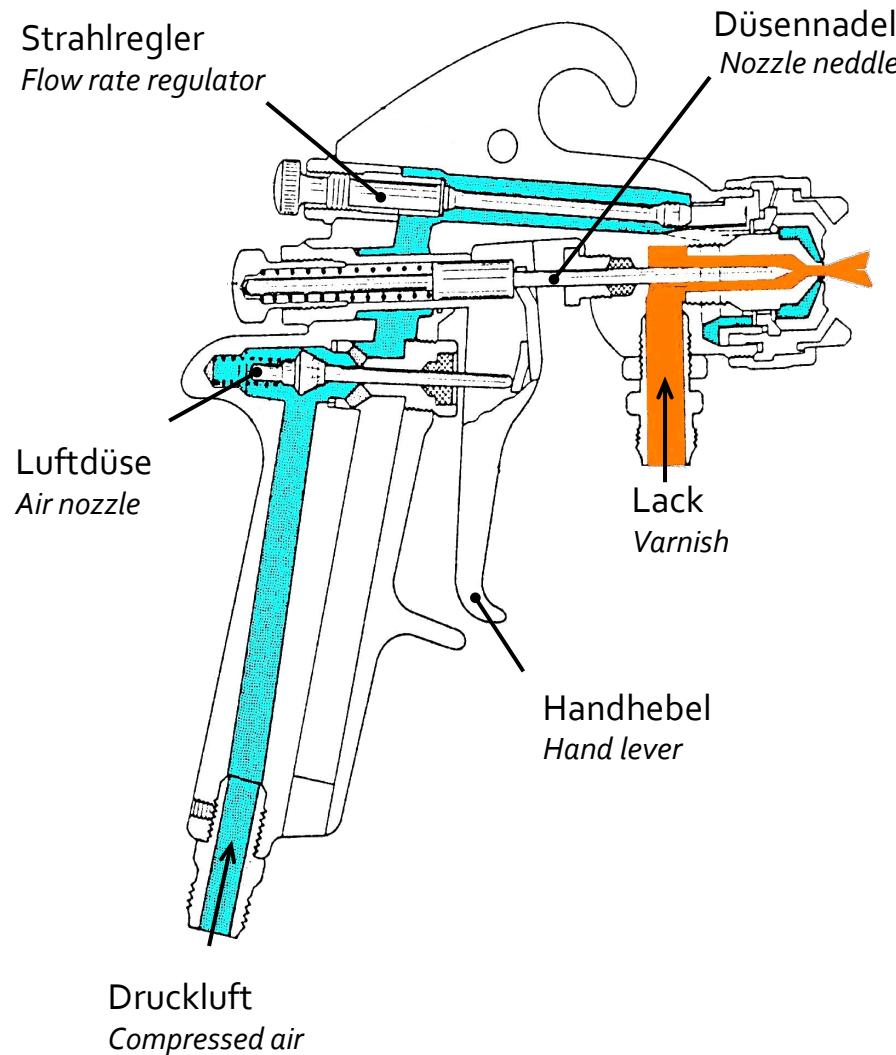


Quelle: Pressebox

Vollautomatische Roboter-Lackieranlage
Fully automatic robot painting plant

Spritzlackieren

Spray painting



Spritzlackierverfahren Spray painting processes

Niederdruckspritzen

Low-pressure spraying

- Druckluft 0,2- 0,5 bar
Compressed air at 0.2 – 0.5 bar
- mäßige Schichtqualität
Moderate layer quality
- wenig Spritznebel
Little spray mist

Druckluftspritzen

Compressed air spraying

- 1,0 - 5,0 bar Druckluft
Compressed air at 1.0 – 5.0 bar
- gute Schichtqualität
High layer quality
- Starker Spritznebel & Lösungsmittelverlust
A lot of spray mist & loss of solvent

Airless-Zerstäubung

Airless-Spraying

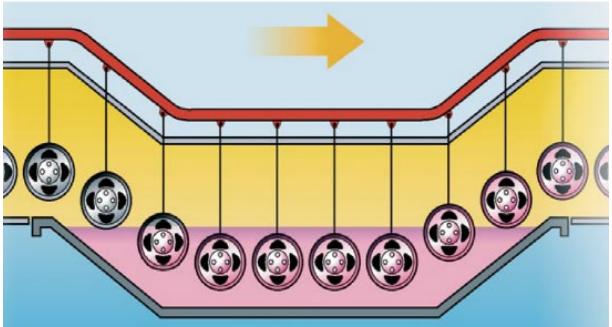
- 100 - 400 bar
- großflächige Lackierung
Large scale varnishing



Quelle: Prosol

Tauchlackieren

Dip coating

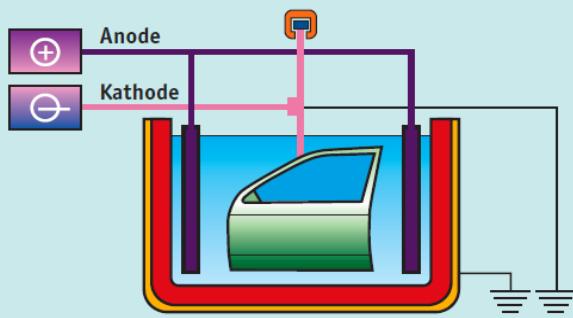


Tauchlackieren

Dip coating

Lackieren durch eintauchen und langsam herausziehen nach dem Benetzen. Der Lack haftet an der gesamten Oberfläche, auch an offenen Innenflächen, und wird anschließend getrocknet

Paint by dipping and slowly pulling out after wetting. The paint adheres to the entire surface, including open inner surfaces, and is then dried



Elektrotauchlackieren (Kathodisches/Anodisches Tauchlackieren)

Electrophoretic deposition

Unter Anlegen eines elektrischen Gleichspannungsfeldes zwischen Kathode (Werkstück) und Anode scheiden sich die im Lack enthaltenden Festkörper am Werkstück ab.

By applying DC voltage between workpiece and electrode, the solids in the varnish settle on the workpiece

Vorteile Advantages	Nachteile Disadvantages
<ul style="list-style-type: none">Sehr gut automatisierbar <i>Process is very well automable</i>Vollständige Lackierung des Werkstücks <i>Complete varnishing of the workpiece</i>Geringer Lackverbrauch <i>Less varnish used</i>	<ul style="list-style-type: none">„Schöpfende Teile“ können zu einer ungleichmäßigen Lackschicht führen <i>„Scooping components“ may lead to a irregular varnish layer</i>Hohe Anlagekosten <i>High initial cost</i>Einsatz großer Lackmengen erforderlich, auch bei geringem Verbrauch <i>High quantities of varnish needed, even though less varnish is used</i>

Beispiele – Tauchlackieren

Examples – Dip coating



Dreh-Kipp-Station zur Vermeidung von Schöpfwirkung in einer Tauch-Karosserielackierung

Turn-tilt station to avoid scooping effect in a car body varnishing

Emaillieren

Enameling

Verfahren

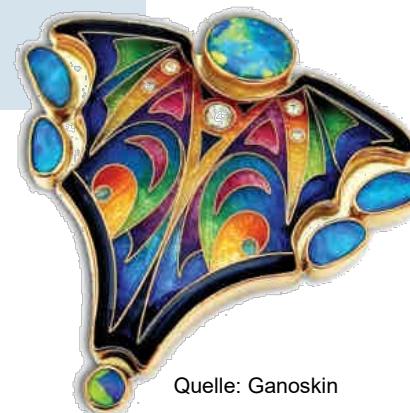
Principle

- Beim Emaillieren handelt es sich, im Gegensatz zum Lackieren, um das Aufbringen von nichtmetallischen anorganisch-oxidischen Schichten
In contrast to painting, enamelling involves the application of non-metallic inorganic oxide layers
- Emaillebeschichtungen sind glatt, chemisch beständig und hart
Enamel coating is smooth, chemically resistant and hard
- Grundstoff der Emaille sind spezielle silikatische Gläser, bestehend aus Quarz, Borax, Aluminiumoxid, Soda, Feldspat und Metalloxiden
Basic materials of enamel are special silica glasses consisting of quartz, borax, aluminumoxide, soda, feldspar and metal oxides
- Dauerhafte Verbindung der Emailleschicht mit dem Substrat, durch Einbrennen bei 750 – 900 °C
Permanent bonding of the enamel layer to the substrate by firing at 750 – 900 °C
- Aufbringen der Emaille durch Tauchen oder Spritzen in mehreren Schichten möglich
Application of enamel, by dipping or spraying, possible in multiple layers

Produktbeispiele

Product examples

- Druckbehälter, verfahrenstechnische Apparate
Pressure vessels, process engineering equipment
- Weiße Ware (Herde, Spülbecken)
White goods (stoves, kitchen sinks)
- Haushaltsartikel
Household articles
- Schmuck
Jewelry



Quelle: Ganoskin



Quelle: Gorenje



Beschichten aus dem körnigen
oder pulverförmigen Zustand
Coating from the granular or powder state

Einordnung nach DIN 8580

Classification according to DIN 8580

Hauptgruppe 5 Beschichten *Main group 5 Coating*

Gruppe 5.1
Group 5.1
aus flüssigen Zustand
from liquid state

Gruppe 5.2
Group 5.2
aus dem plastischen
Zustand
from plastic state

Gruppe 5.3
Group 5.3
aus dem breiigen Zustand
from mushy state

- Schmelztauchen
Hot dipping
- Anstreichen / Lackieren
Painting / Varnishing
- Färben
Staining
- Emaillieren / Glasieren
Enamelling / Glazing
- Gießen
Casting
- Drucken
Printing
- Beschriften
Labeling

- Spachteln
Filling
- Putzen / Verputzen
Plastering

- Wirbelsintern
Vortex sintering
- Elektrostatisch
Electrostatic
- Thermisch Spritzen
(DIN 657)
Thermal spraying (DIN 657)

Gruppe 5.4
Group 5.4
aus dem körnigen oder
pulverförmigen Zustand
*from the granular or powdery
state*

Gruppe 5.6
Group 5.6
Schweißen
Welding

Gruppe 5.7
Group 5.7
Löten
Soldering / Brazing

Gruppe 5.8
Group 5.8
aus dem gas- oder
dampfförmigen Zustand
(Vakuumbeschichten)
from the gaseous or vapor state
(vacuum coating)

Gruppe 5.9
Group 5.9
aus dem ionisierten
Zustand
from the ionized state

- Schmelzauftrag-
schweißen
Build-up welding

- Auftrag-
Weichlöten
Surfacing by soft soldering
- Auftrag-
Hartlöten
Surfacing by brazing

- Vakuumbedampfen
Vacuum evaporation
- Vakuumbestäuben
Vacuum spraying

- Galvanisch
Galvanic
- Chemisch
Chemical

Thermisches Spritzen

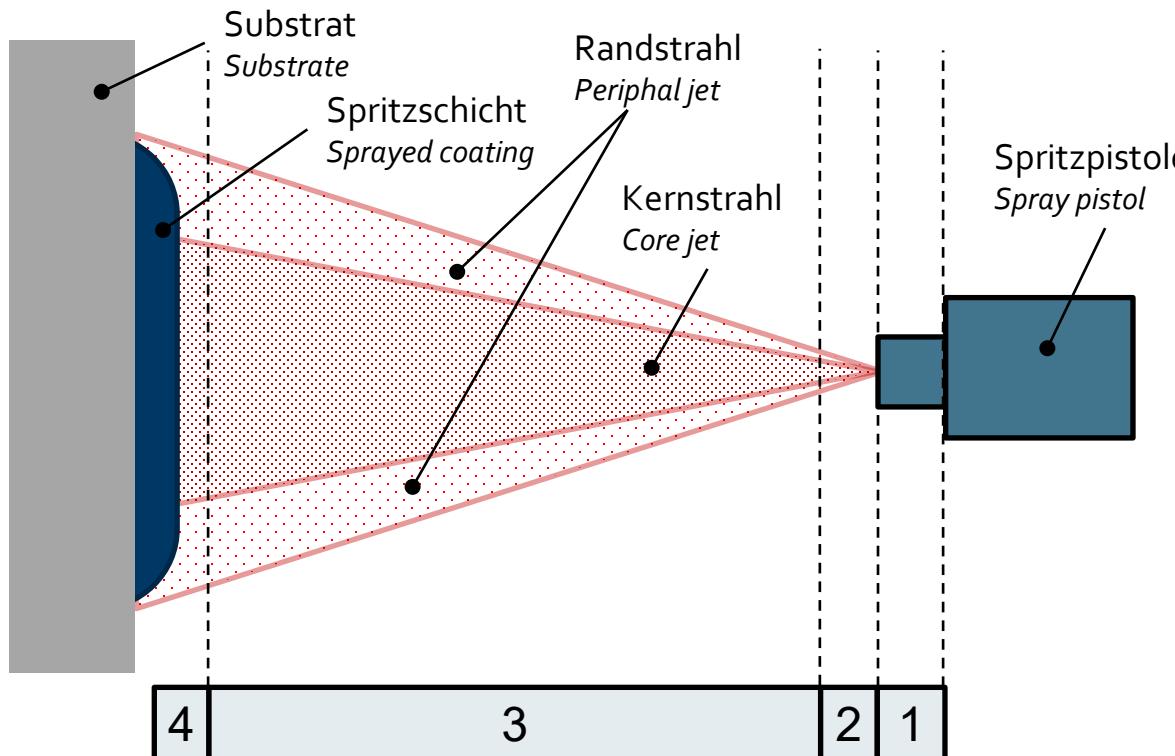
Thermal spraying

Verfahren

Principle

Aufbringen von Metall- und Legierungsschichten durch Schleudern des fein verteilten, geschmolzenen Schichtwerkstoffs auf die Bauteiloberfläche. Beim Abkühlen des gespritzten Metalls entsteht eine mechanische Verankerung ohne starke Erwärmung der Werkstückoberfläche.

Application of metal and alloy coatings by spinning the finely distributed, molten coating material onto the component surface. When the sprayed metal cools, a mechanical anchorage is created without strong heating of the workpiece surface.



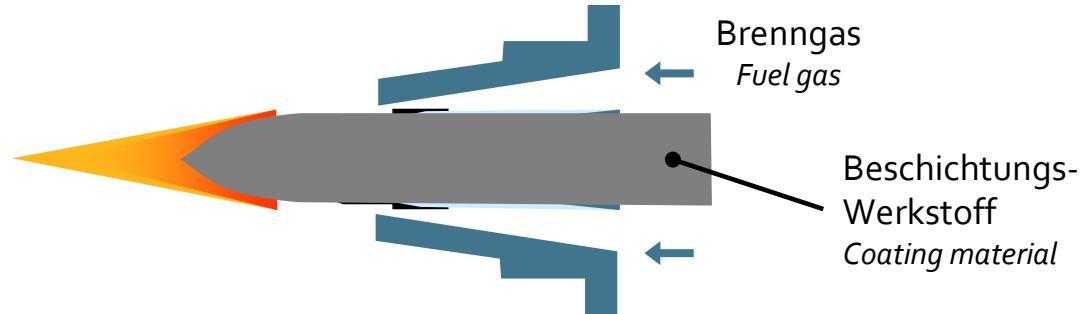
Phasen des Spritzprozesses

Phases of the thermal spraying process

1. An- oder Aufschmelzen
Melting
2. Zerstäuben
Atomizing
3. Flugphase
Flight phase
4. Aufprall und Verbindung der Partikel
Impact and connection of the particles

Drahtflammspritzen

Wire flame spraying



Quelle: Plasmajet

Verfahren

Principle

- Spritzzusatz in Drahtform
Spraying material in wire form
- Draht wird in einer Brenngas-Sauerstoffflamme kontinuierlich abgeschmolzen
Wire is continuously melted in a fuel gas oxygen flame
- Mit Hilfe eines Zerstäubergases (Druckluft) wird der Spritzstrahl auf die vorbereitete Substratoberfläche geschleudert
The spray jet is projected onto the prepared substrate surface with the aid of an atomizing gas (compressed air)
- Brenngase sind u. a. Acetylen, Propan oder Wasserstoff
Fuel gases include acetylene, propane and hydrogen

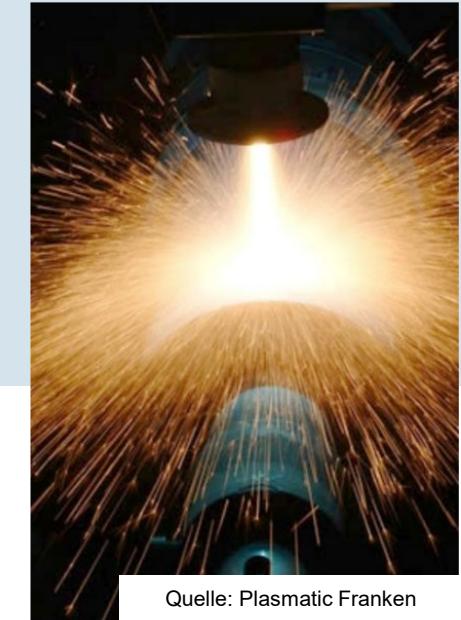
Lichtbogenspritzen

Arc spraying

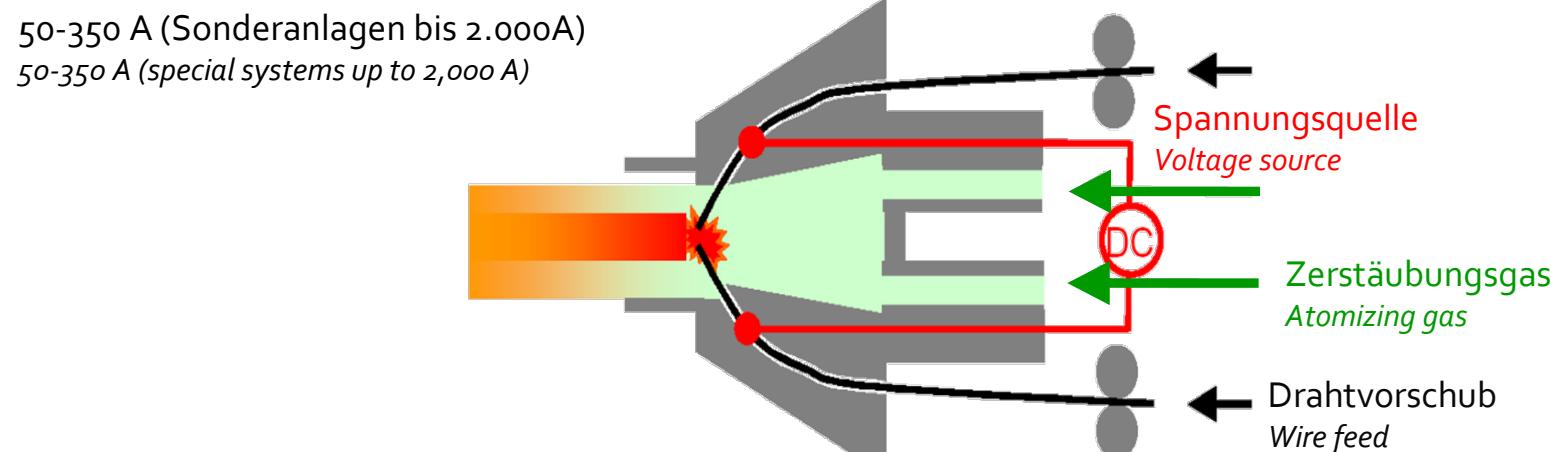
Verfahren

Principle

- Spritzzusatz in Drahtform
Spraying material in wire form
- Lichtbogen brennt zwischen den beiden elektrisch leitenden Drähten
Electric arc burns between electrically conducting wires
- Zünden des Lichtbogens durch Kurzschluss bei Kontakt der Drähte nach Einschalten des Drahtvorschubes
Ignition of the arc by short circuit on contact of the wires after switching on the wire feeder
- Aufschmelzen des Spritzzusatzes im Lichtbogen
Melting of the spraying material in the arc
- Zerstäubung und Beschleunigung des geschmolzenen Materials durch einen Gasstrahl
Atomizing and acceleration of the molten material by a gas jet



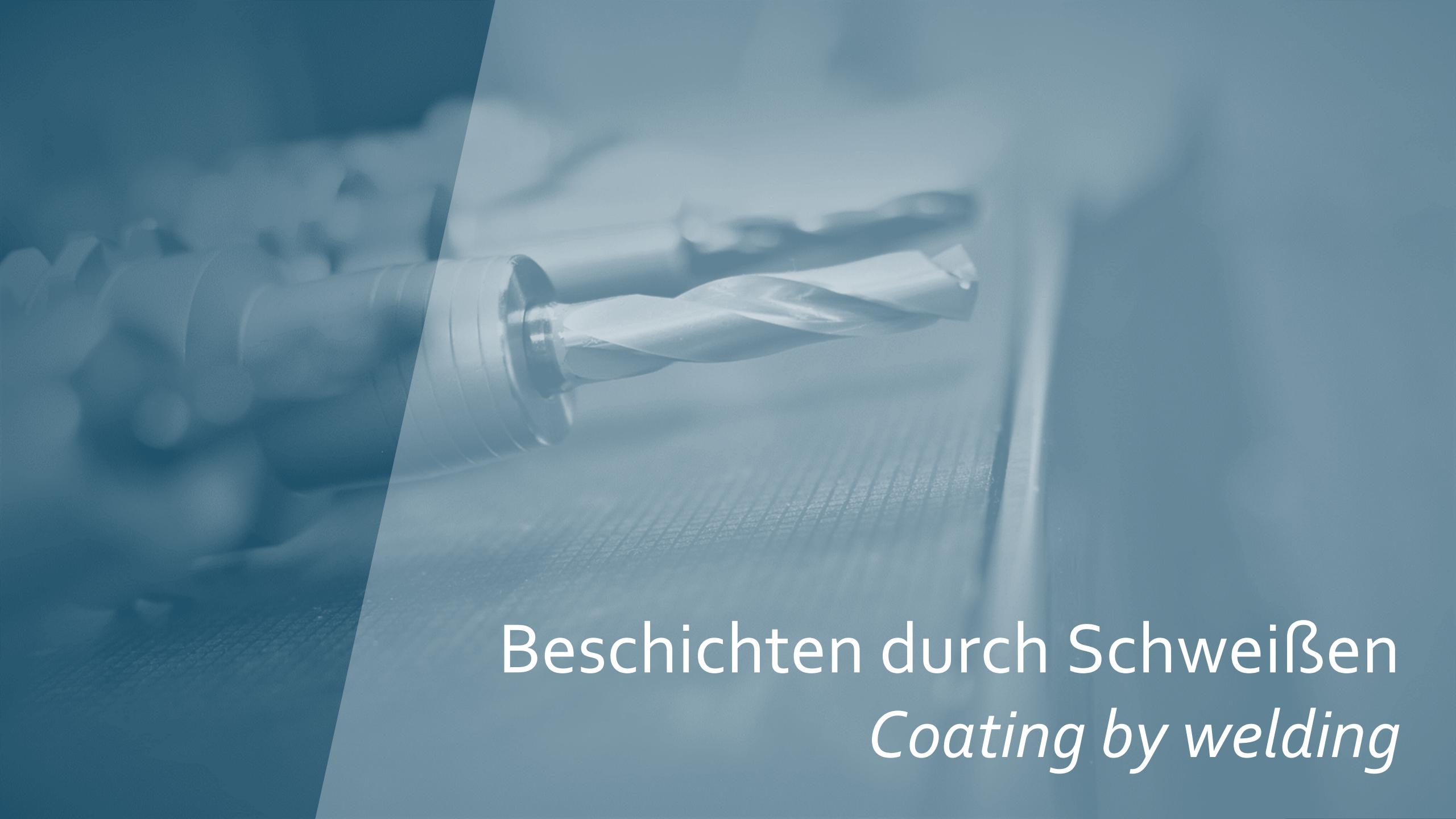
Quelle: Plasmatic Franken



Thermisches Spritzen

Thermal Spraying

Vorteile Advantages	Nachteile Disadvantages
<ul style="list-style-type: none">Breites Spektrum an zu verarbeitenden Werkstoffen (Metalle, Keramiken, Halbmetalle) <i>Wide range of processible materials (metals, ceramics, metalloids)</i>Geringe Wärmeeinbringung in das Material <i>Low heat input into the material</i>Hohe Flächenleistung möglich <i>High area output possible</i>Vergleichsweise dünne Schichten <i>Relatively thin layers</i>	<ul style="list-style-type: none">Geringe Haftfestigkeit durch keine bzw. geringfügige metallurgische Anbindung (empfindlich gegen Schläge, Schichtdelamination) <i>Low adhesive strength because of no or few metallurgical connections (sensitive to blows, layer delamination)</i>Porosität der Schichten (Einschränkung der Korrosionseigenschaften) <i>Porousness of the layers (restrictions of corrosion properties)</i>Dichte Schichten häufig nur durch Nachbehandlung zu erzielen <i>Dense coatings often achieved only after post-treatment</i>Verfahrensabhängige metallurgische Veränderung des Beschichtungswerkstoffes (Oxidation, Aufstickung) <i>Depending on production of metallurgical changes of the coating material (oxidation, nitride hardening)</i>Einschränkung bei der Geometrie <i>Restrictions of the geometry</i>Hohe Lärmelastung <i>High noise pollution</i>



Beschichten durch Schweißen
Coating by welding

Einordnung nach DIN 8580

Classification according to DIN 8580

Hauptgruppe 5 Beschichten *Main group 5 Coating*

Gruppe 5.1
Group 5.1
aus flüssigen Zustand
from liquid state

Gruppe 5.2
Group 5.2
aus dem plastischen
Zustand
from plastic state

Gruppe 5.3
Group 5.3
aus dem breiigen Zustand
from mushy state

Gruppe 5.4
Group 5.4
aus dem körnigen oder
pulverförmigen Zustand
*from the granular or powdery
state*

Gruppe 5.6
Group 5.6
Schweißen
Welding

Gruppe 5.7
Group 5.7
Löten
Soldering / Brazing

Gruppe 5.8
Group 5.8
aus dem gas- oder
dampfförmigen Zustand
(Vakuumbeschichten)
*from the gaseous or vapor state
(vacuum coating)*

Gruppe 5.9
Group 5.9
aus dem ionisierten
Zustand
from the ionized state

- Schmelztauchen
Hot dipping
- Anstreichen / Lackieren
Painting / Varnishing
- Färben
Staining
- Emaillieren / Glasieren
Enamelling / Glazing
- Gießen
Casting
- Drucken
Printing
- Beschriften
Labeling

- Spachteln
Filling
- Putzen / Verputzen
Plastering

- Wirbelsintern
Vortex sintering
- Elektrostatisch
Electrostatic
- Thermisch Spritzen
(DIN 657)
Thermal spraying (DIN 657)

- **Schmelzauftrag-**
schweißen
Build-up welding
- Auftrag-
Weichlöten
Surfacing by soft soldering
- Auftrag-
Hartlöten
Surfacing by brazing

- Vakuumbedampfen
Vacuum evaporation
- Vakuumbestäuben
Vacuum spraying

- Galvanisch
Galvanic
- Chemisch
Chemical

Beschichten durch Schweißen

Coating by welding

Verfahren

Principle

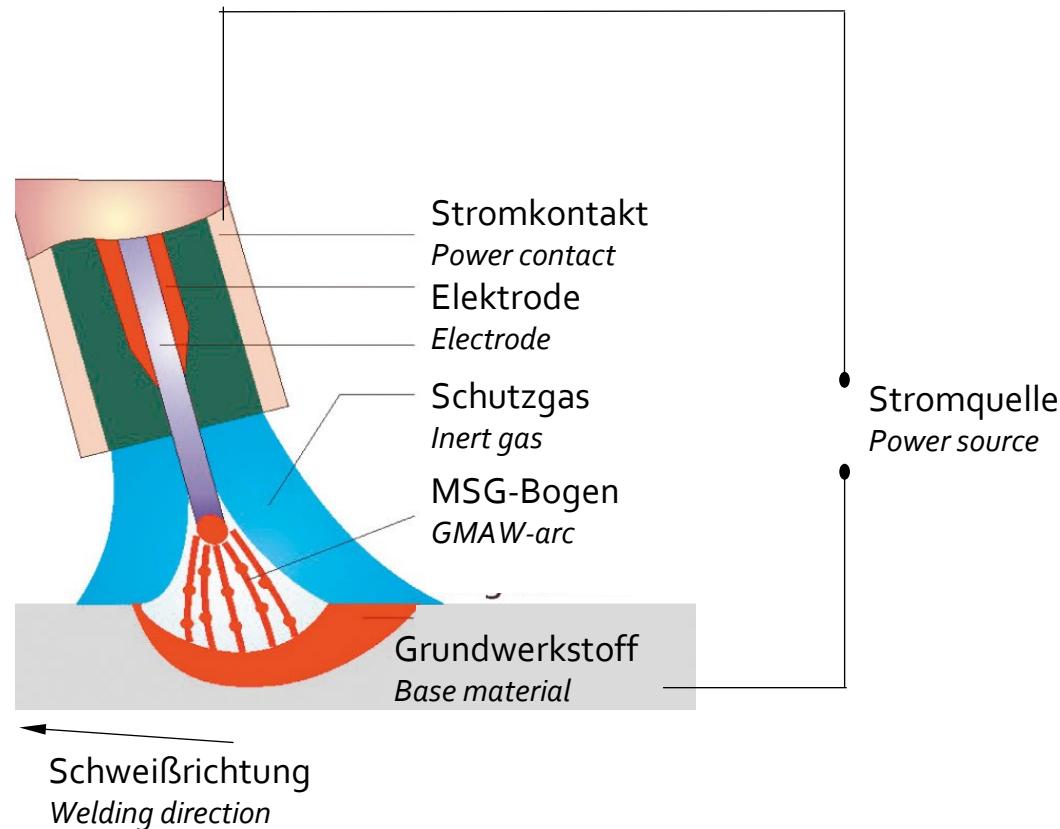
- Auftragsschweißen ist eine Anwendung, bei der ausschließlich durch den Schweißzusatzwerkstoff (Draht oder Pulver) ein Volumenaufbau, meist in Form einer Deckschicht, stattfindet
Cladding is an application in which only the filler metal (wire or powder) is used to build up volume, usually in the form of a top layer
- Bei dem Verfahren wird eine hochlegierte Schutzschicht auf einen niedriger legierten Grundwerkstoff aufgetragen. Dies ermöglicht die Herstellung von Oberflächen die rust- und korrosionsbeständig sind, obwohl die Grundkörper der Bauteile dies nicht sind
In this process, a high-alloy protective coating is applied to a lower-alloy base material. This makes it possible to produce surfaces that are resistant to rust and corrosion, even though the basic bodies of the components are not
- An der Oberfläche der Teile wird es zum An- oder Aufschmelzen des Grundwerkstoffes oder bereits aufgetragener Schweißraupen kommen. Damit verbunden ist eine Vermischung von Schweißzusatz mit dem Grundwerkstoff
On the surface of the parts, the base material or already applied welding beads will melting or fusing. This is associated with a mixing of the filler metal with the base metal
- Die Stärke der Schutzschicht beträgt 2–3 mm. Die Schutzschicht wird zweilagig oder versetzt aufgetragen
The thickness of the protective layer is 2-3 mm. The protective layer is applied in two layers or staggered



Quelle: Alabama Laser

Metallschutzgasschweißen (MSG)

Gas metal arc welding (GMAW)



Verfahren

Principle

- Lichtbogen brennt zwischen Elektrode und Werkstück
Light arc burns between electrode and workpiece
- Abschmelzen des Drahtes und Übergang zum Werkstück
Melting of the wire and transition to the workpiece
- Elektrode kontinuierlich nachgeführt
Electrode is constantly traced
- MSG-Bogen, Werkstoffübergang und Schweißbad werden durch Schutzgas geschützt
GMAW-arc, workpiece transition and weld pool are protected by inert gas

Vorteile

Advantages

- Relativ hohe Wärmeeinbringung
Relatively high heat input
- Einfacher Aufbau
Simple construction
- Einfache Automatisierbarkeit
Easy automation

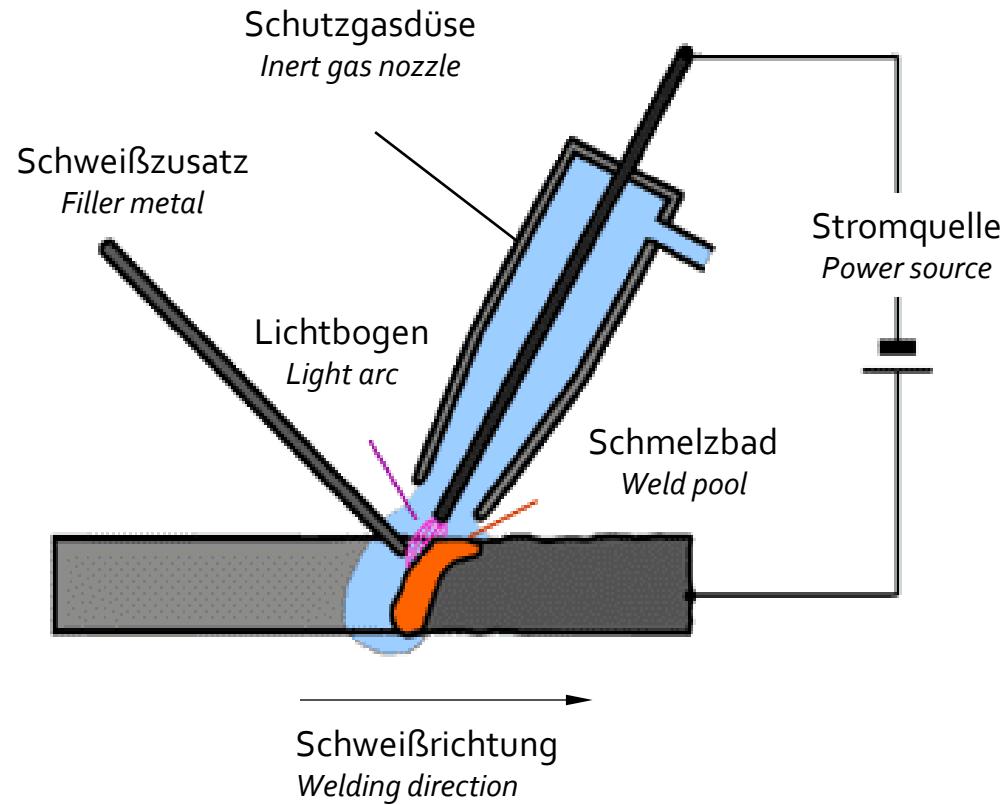
Nachteile

Disadvantages

- Notwendigkeit einer optimierten Brennerführung zum Erzielen gleichmäßiger Wärmeeinbringung
To achieve uniform heat input, an optimized torch guiding is necessary
- Relativ geringe Flächenleistung
Relatively low area output

Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)

Tungsten inert gas welding (TIG)



Verfahren

Principle

- Lichtbogen brennt zwischen nicht abschmelzender Elektrode und Werkstück
Light arc burns between non-melting electrode and workpiece
- Lichtbogen und Schmelzbad sind durch Schutzgas (Ar, He) vor Luftpeneindringung geschützt
Light arc and welding pool are protected against air ingress by inert gas (Ar, He)
- Schweißzusatz wird durch stromlosen Draht oder Stab zugeführt
Filler material is fed through currentless wire or rod
- Zumeist Verwendung von Gleichstrom
Often use of direct current (DC)

Vorteile

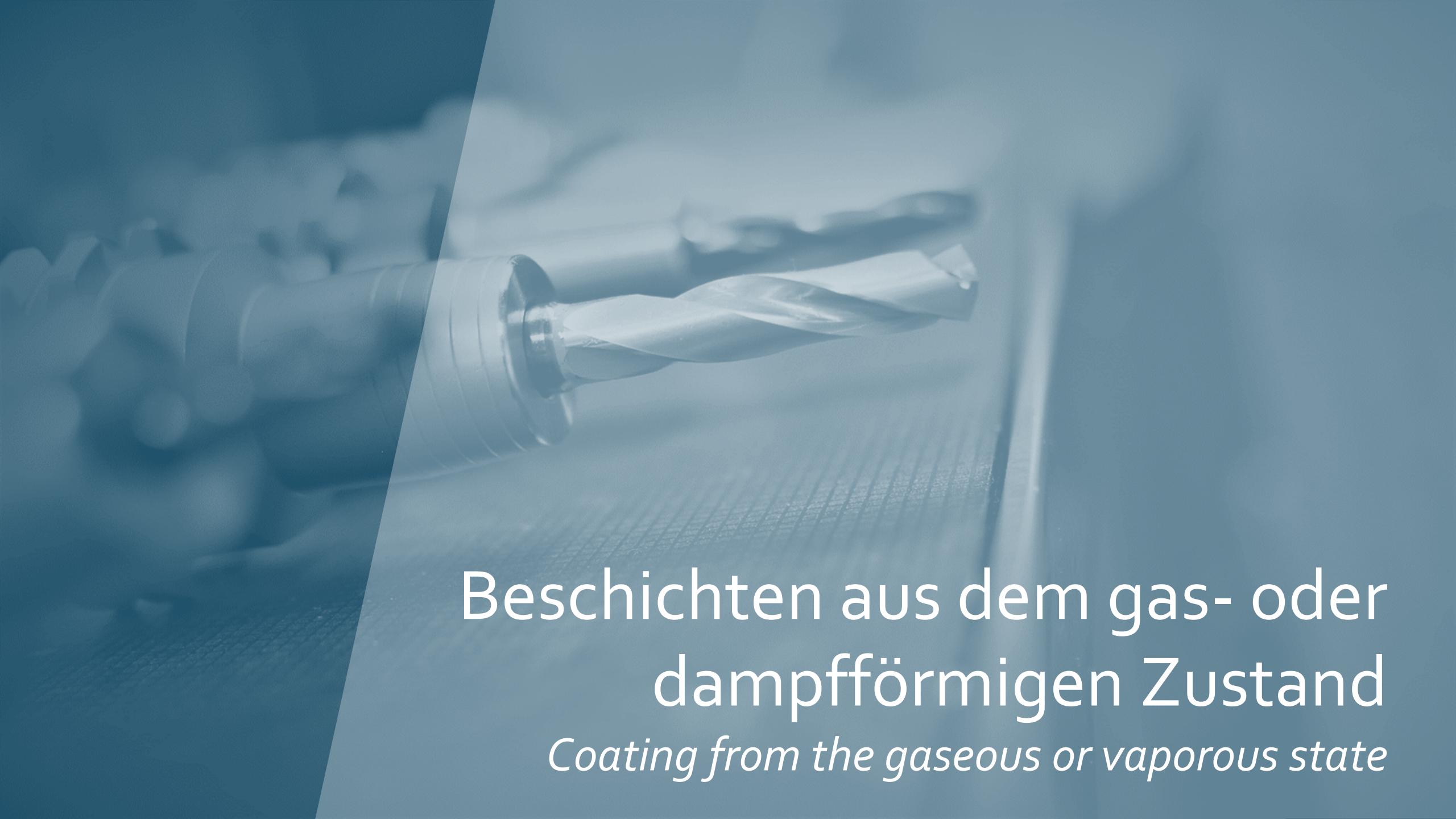
Advantages

- Sehr gute Qualität der Schweißraupe
Very good quality of the weld bead
- Große Werkstoffauswahl
Vast range of material
- Gute Automatisierbarkeit
Easy automation

Nachteile

Disadvantages

- Sehr geringe Abschmelz- und Flächenleistung (nur für Anwendungen mit kleinen Flächen wirtschaftlich)
Very low rate of deposition and area output (only economical for processes with small areas)



Beschichten aus dem gas- oder
dampfförmigen Zustand
Coating from the gaseous or vaporous state

Einordnung nach DIN 8580

Classification according to DIN 8580

Hauptgruppe 5 Beschichten Main group 5 Coating

Gruppe 5.1
Group 5.1
aus flüssigen Zustand
from liquid state

Gruppe 5.2
Group 5.2
aus dem plastischen
Zustand
from plastic state

Gruppe 5.3
Group 5.3
aus dem breiigen Zustand
from mushy state

Gruppe 5.4
Group 5.4
aus dem körnigen oder
pulverförmigen Zustand
*from the granular or powdery
state*

Gruppe 5.6
Group 5.6
Schweißen
Welding

Gruppe 5.7
Group 5.7
Löten
Soldering / Brazing

Gruppe 5.8
Group 5.8
aus dem gas- oder
dampfförmigen Zustand
(Vakuumbeschichten)
*from the gaseous or vapor state
(vacuum coating)*

Gruppe 5.9
Group 5.9
aus dem ionisierten
Zustand
from the ionized state

- Schmelztauchen
Hot dipping
- Anstreichen / Lackieren
Painting / Varnishing
- Färben
Staining
- Emaillieren / Glasieren
Enamelling / Glazing
- Gießen
Casting
- Drucken
Printing
- Beschriften
Labeling

- Spachteln
Filling
- Putzen / Verputzen
Plastering

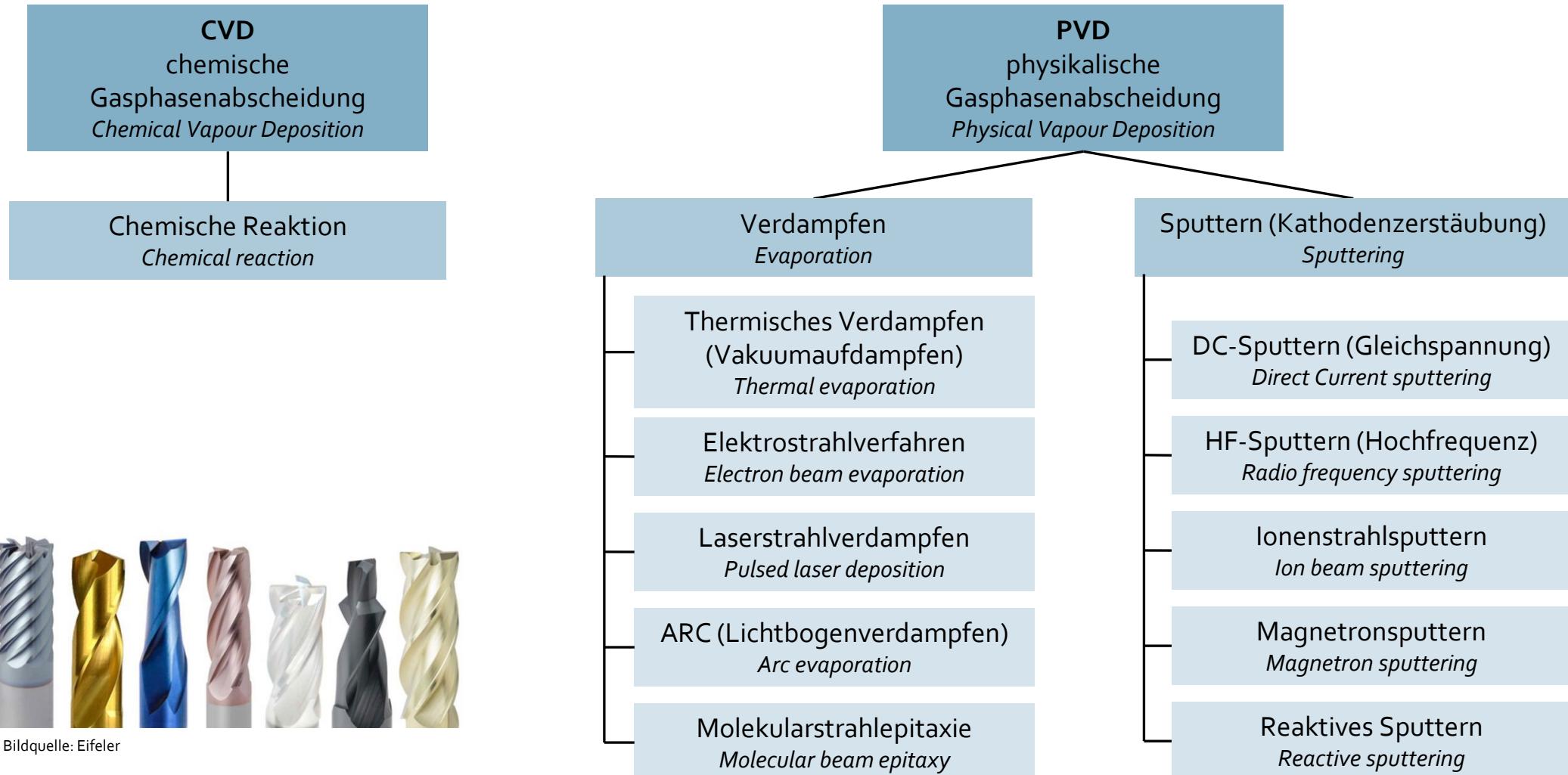
- Wirbelsintern
Vortex sintering
- Elektrostatisch
Electrostatic
- Thermisch Spritzen
(DIN 657)
Thermal spraying (DIN 657)

- Schmelzauftrag-
schweißen
Build-up welding
- Auftrag-
Weichlöten
Surfacing by soft soldering
- Auftrag-
Hartlöten
Surfacing by brazing

- Galvanisch
Galvanic
- Chemisch
Chemical

Übersicht - etablierte Verfahren

Overview - established procedures



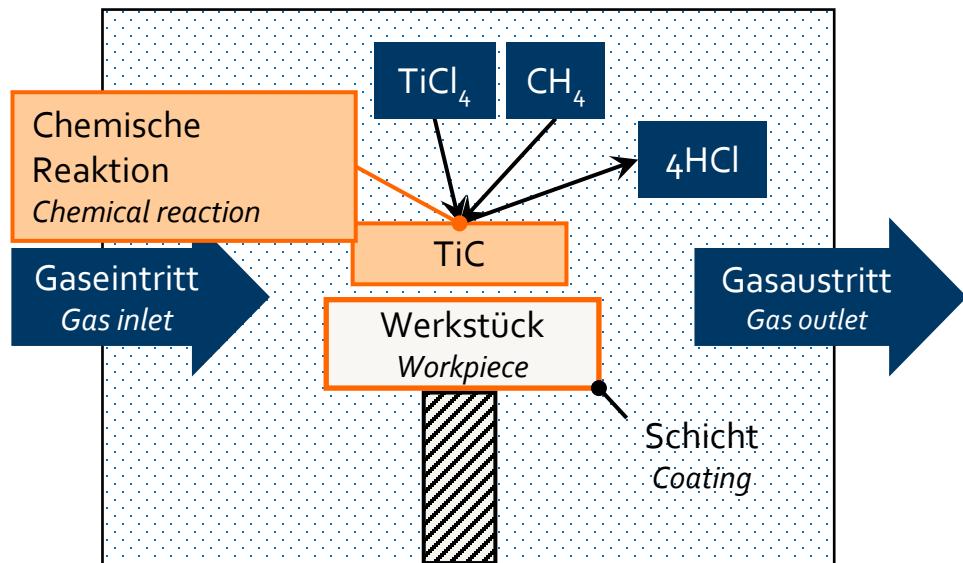
CVD-Beschichtungen

CVD coatings

Verfahren

Principle

- Chemische Abscheidung des Beschichtungswerkstoffs aus der gasförmigen Phase
Chemical deposition of the coating material from the gas phase
- Zuführung der Ausgangsstoffe als leichtflüchtige Verbindung
Inlet of the precursors as volatile compounds
- Bildung des Schichtwerkstoffes durch chemische Reaktion an erhitzter Werkstückoberfläche
Formation of the coating material by a chemical reaction at the heated surface of the workpiece



Merkmale

Charateristics

- Schichten bis 20 µm möglich (mehr Abtragvolumen)
Layers up to 20 µm possible (more removal volume)
- Reaktionstemperaturen zwischen 800 – 1.100 °C
Reaction temperatures between 800 – 1,100 °C
- Schichtwerkstoffe sind Metalle, Legierungen, Sulfide (z. B. MoS_2), Oxide (z. B. Al_2O_3), Karbide (z. B. TiC , SiC), Nitride (z. B. TiN) und andere hochschmelzende Verbindungen
Coating materials are metals, alloys, sulphides (e.g. MoS_2), oxides (e.g. Al_2O_3), carbides (e.g. TiC , SiC), nitrides (e.g. TiN) and other high-melting compounds
- Sehr gute Schichthaftung
Very good layer-adhesion
- Gleichmäßige Beschichtung
Uniform coating
- Vorteile gegenüber den PVD-Verfahren liegen in der großen Vielfalt der möglichen Edukte und der daraus resultierenden Anzahl verschiedenartiger Schichten sowie in der Möglichkeit auch komplex geformte Oberflächen und auch Innenseiten von Hohlkörpern zu beschichten
Advantages compared to PVD processes are the large variety of possible reactants and the resulting number of different coatings as well as the possibility to coat complex shaped surfaces and also the inside of hollow bodies.
- Nachteiliger Wärmeeinfluss auf Substrat
Disadvantageous thermal influence on substrate

Physical Vapour Deposition Beschichtung (PVD)

Physical Vapour Deposition coating (PVD)

Verfahren

Principle

- Aufgeheizter Werkstoff verdampft
Material is heated and evaporizes
- Thermisch erzeugte Atome bewegen sich geradlinig zum Substrat
Thermally generated atoms move in a straight line to the substrate
- Dampf kondensiert am Werkstück
Vapour condenses on the workpiece

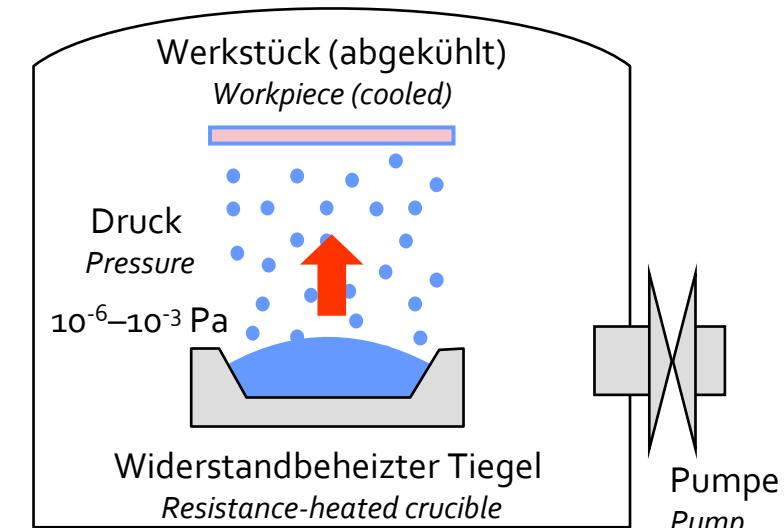
Merkmale

Characteristics

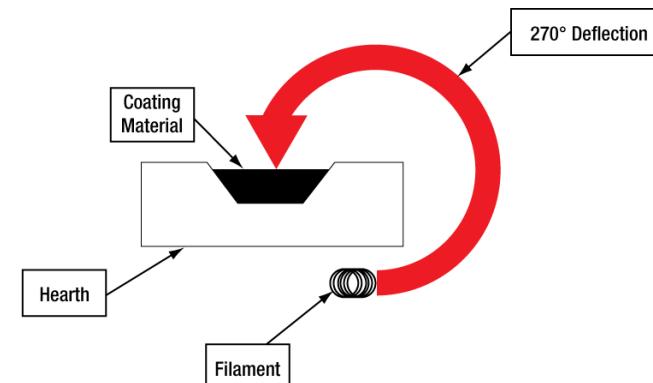
- Schichten von 1 bis 10 µm möglich
Layers from 1 to 10 µm possible
- Ungünstige Schichtverteilung und wenig Freiheiten hinsichtlich Schichtgestaltung
Unfavorable layer distribution and few freedom regarding layer design
- Hohe Oberflächenqualität
High surface quality
- Begrenzte Schichthaftung und Zähigkeit
Limited layer adhesion and toughness
- Ausbildung von Druckeigenspannungen
Formation of residual compressive stresses
- Spannungen steigen mit Schichtdicke (Limitierte Schichtdicke)
Stresses increase with layer thickness (limited layer thickness)

Thermisches Verdampfen

Thermal evaporation



Electron Beam Source



Elektronenstrahlverdampfer

Resistance-heated crucible



Quelle: thorlabs, temescal

PVD-Sputtern (Kathodenzerstäubung)

PVD sputtering

Verfahren

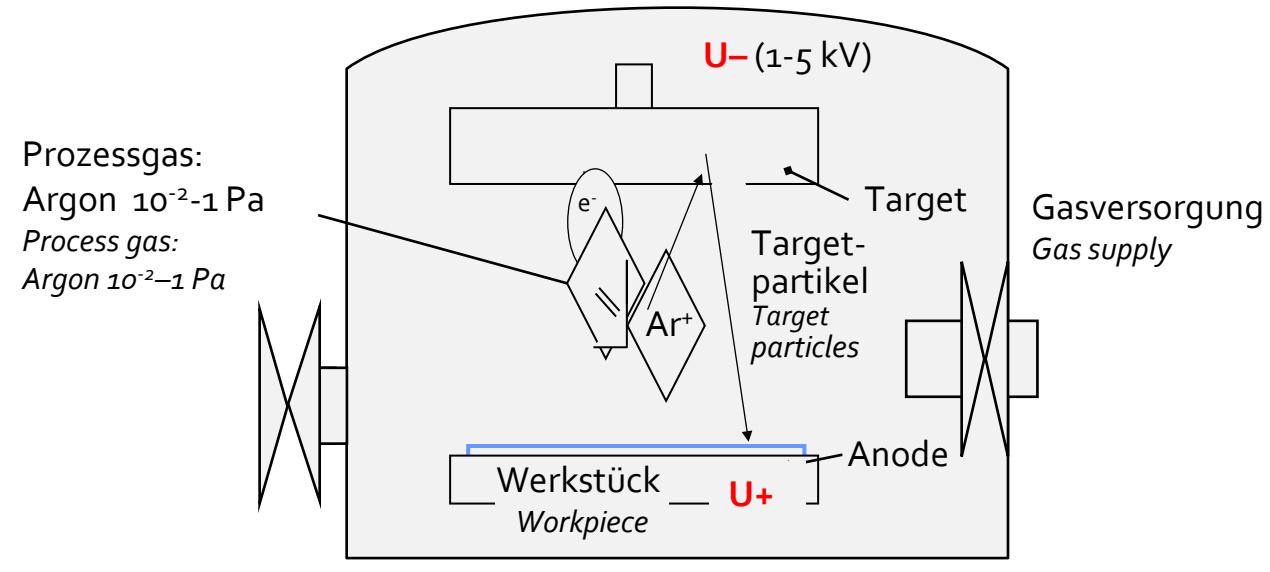
Principle

- Aus Inertgas (Argon) werden in einem Niederdruckplasma durch Anlegen einer Hochspannung Ionen ionisiert
Ions are ionized from inert gas (argon) in a low-pressure plasma by applying a high-voltage
- Ionen werden durch deren positive Ladung zum Target beschleunigt
Ions are accelerated by the positive charge to the target
- Die dadurch zerstäubten Atome setzen sich auf dem Werkstück ab
The sputtered atoms settle down on the workpiece

Merkmale

Characteristics

- Auch nicht metallische Schichtwerkstoffe möglich
(kein Verdampfen notwendig)
Non-metallic coating materials possible (No evaporation required)
- Hohe Oberflächenqualität, gute Haftung, gleichmäßige Schicht
High surface quality, good adhesion, even layer
- Niedrige Abscheideraten im Vergleich zu dem ARC-Verfahren
Low deposition rates compared to the ARC process



Quelle: balzers



A high-speed dental handpiece with a bur is shown in the background, spraying a fine, white coating onto a dental implant. The implant has a textured, grid-like surface. The overall color palette is blue and white.

Beschichten aus dem
ionisierten Zustand
Coating from the ionized state

Einordnung nach DIN 8580

Classification according to DIN 8580

Hauptgruppe 5 **Beschichten** Main group 5 *Coating*

Gruppe 5.1
Group 5.1
aus flüssigen Zustand
from liquid state

Gruppe 5.2
Group 5.2
aus dem plastischen
Zustand
from plastic state

Gruppe 5.3
Group 5.3
aus dem breiigen Zustand
from mushy state

Gruppe 5.4
Group 5.4
aus dem körnigen oder
pulverförmigen Zustand
*from the granular or powdery
state*

Gruppe 5.6
Group 5.6
Schweißen
Welding

Gruppe 5.7
Group 5.7
Löten
Soldering / Brazing

Gruppe 5.8
Group 5.8
aus dem gas- oder
dampfförmigen Zustand
(Vakuumbeschichten)
*from the gaseous or vapor state
(vacuum coating)*

Gruppe 5.9
Group 5.9
aus dem ionisierten
Zustand
from the ionized state

- Schmelztauchen
Hot dipping
- Anstreichen / Lackieren
Painting / Varnishing
- Färben
Staining
- Emaillieren / Glasieren
Enamelling / Glazing
- Gießen
Casting
- Drucken
Printing
- Beschriften
Labeling

- Spachteln
Filling
- Putzen / Verputzen
Plastering

- Wirbelsintern
Vortex sintering
- Elektrostatisch
Electrostatic
- Thermisch Spritzen
(DIN 657)
Thermal spraying (DIN 657)

- Schmelzauftrag-
schweißen
Build-up welding
- Auftrag-
Weichlöten
Surfacing by soft soldering
- Auftrag-
Hartlöten
Surfacing by brazing

- Vakuumbedampfen
Vacuum evaporation
- Vakuumbestäuben
Vacuum spraying

- Galvanisch
Galvanic
- Chemisch
Chemical

Galvanisieren

Electroplating

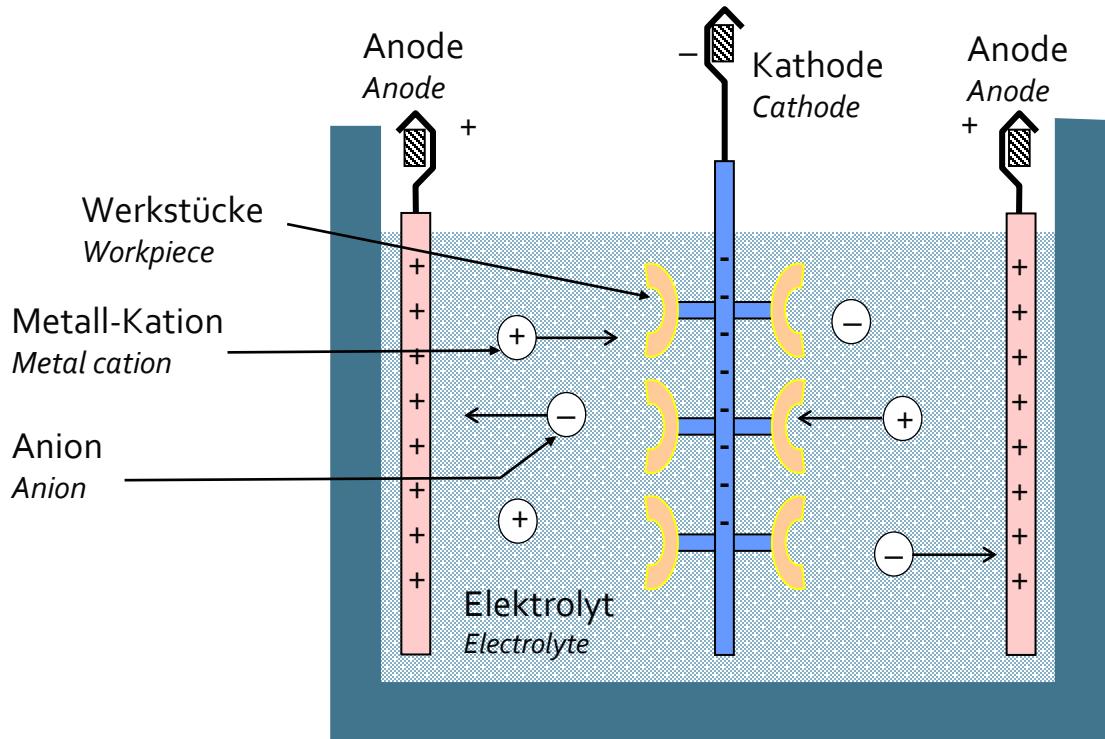
Verfahren

Principle

Abscheiden von Metallschichten auf elektrisch leitenden Bauteilen

Deposition of metal layers on electrically conducting parts

- Das Werkstück bildet die Kathode und das abzuscheidende Material die Anode einer galvanischen Zelle
The workpiece forms the cathode and the depositing Material forms the anode of a galvanic cell
- Die Elektroden werden hierbei in das Elektrolyt eines geeigneten Salzes getaucht
The electrodes are immersed in a electrolyte of an appropriate salt
- Durch Anlegen einer Spannung wird das Anodenmetall im Elektrolyt gelöst und die gelösten Metallionen werden an der Kathode reduziert und bilden die Beschichtung
By applying a voltage, the anode metal is dissolved into the electrolyte and the dissolved metal ions are reduced at the cathode and form a coating



Galvanisieren

Electroplating

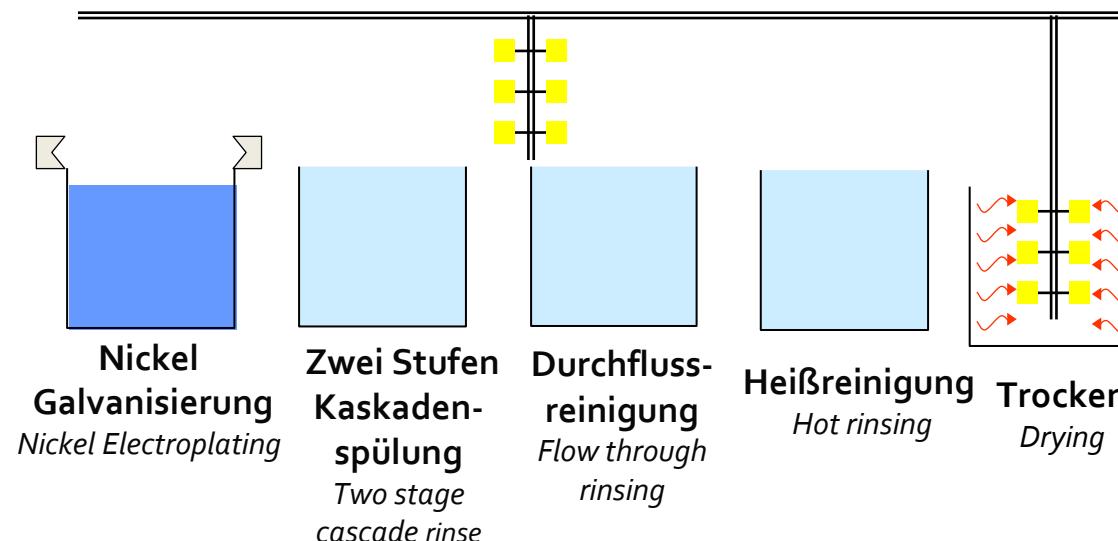
Anwendungen

Applications

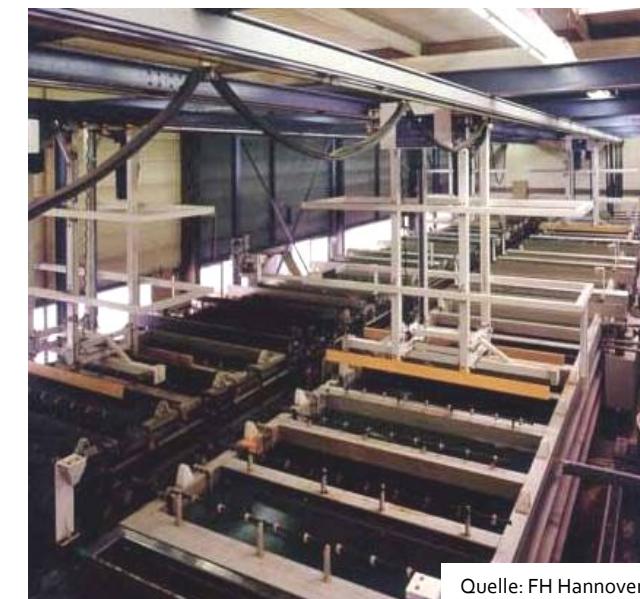
- Korrosionsschutz (z.B. Karosseriebau)
Corrosion protection (e.g. car body manufacturing)
- Dekorative Beschichtungen
Decorative coatings
- Oberflächenschutz
Surface protection
- Verbesserte Verschleißfestigkeit
Improvement of wear resistance

Prozessfolge beim Vernickeln

Process sequence of nickel-plating



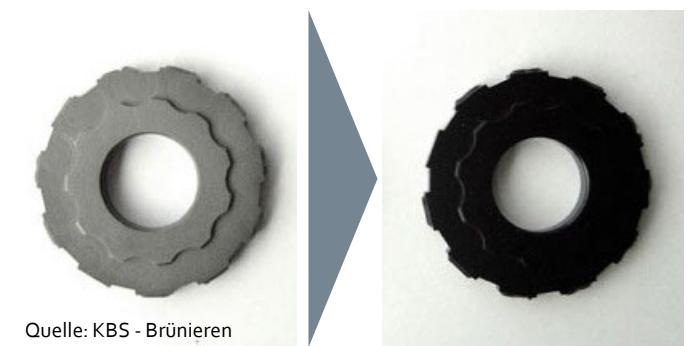
Quelle: IMF



Quelle: FH Hannover

Chemisches Beschichten

Chemical coating



Chromatieren

Chromating

- Beschichtungssubstrate: Aluminium, Magnesium oder verzinkte Oberflächen
Substrate: Aluminium, magnesium or galvanized surfaces
- Bsp.-Reaktion : $Mg + CrO_3 + H_2O \rightarrow MgCrO_4 + H_2$
- Nutzen: Verschleißschutz, Optik
Application: Wear protection, improvement of optical appearance

Brünieren

Browning

- Beschichtungssubstrate: Niedriglegierte Stähle
Substrate: Low alloyed steel
- Reaktion unter Einsatz von NaOH Lösung: Entstehen eines kompakten Oxidfilms
Reaction with NaOH solution leads to formation of a compact oxide film
- Nutzen: Korrosionsschutz, Optik, Haftsicht für Ölfilm
Application: Wear protection, improvement of optical appearance, bonding layer for oil film

Phosphatieren

Phosphating

- Beschichtungssubstrate: Niedriglegierte Stähle
Substrate: Low alloyed steel
- Phosphat als Zwischenschicht zur besseren Haftung von z.B. Farben oder Lacken
Phosphate as intermediate layer to improve adhesion of varnish or paint
- Bsp-Reaktion: $Zn(H_2PO_4)_2 + 2Fe \rightarrow Zn(FePO_4)_2 + 2H_2$
- Nutzen: Verschleißschutz, Optik, verbesserte Gleiteigenschaften
Application: Wear protection, improvement of optical appearance, improvement of sliding properties



Stoffeigenschaften ändern – Grundlagen

Changing material properties – Basics

Stoffeigenschaften ändern (Hauptgruppe 6)

Changing material properties (main group 6)

Definition:

Definition:

Fertigen durch Verändern der Eigenschaften des Werkstoffs, aus dem ein Werkstück besteht; dies geschieht u. a. durch Veränderungen im submikroskopischen bzw. atomaren Bereich, z. B. durch Diffusion von Atomen, Erzeugung und Bewegung von Versetzungen im Atomgitter, chemische Reaktionen. Unvermeidbar auftretende Formänderungen gehören nicht zum Wesen dieser Verfahren.

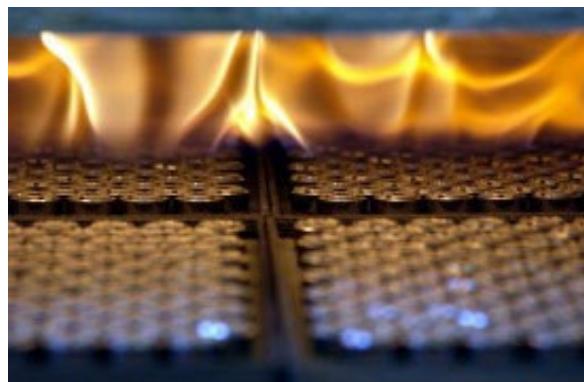
Manufacturing through changing the properties of the workpiece's material; this happens through the changes on the submicroscopic or on atomic level, e.g. diffusion of atoms, generation and movement of shifings in the atomic lattice, chemical reaction. Unavoidable shape changes are not part of this procedure.

Anmerkung:

Note:

Verschiedene Formänderungsverfahren der Hauptgruppen 2-5 sind unvermeidbar mit Änderungen von Stoffeigenschaften verbunden, die technisch von Bedeutung sein können.

Different shape changing procedures of the main groups 2-5 are unavoidably linked to the changing of material properties, which are of technical importance.



Quelle: Pulvermetallurgie.com



Quelle: Fotocommunity

Einordnung nach DIN 8580

Classification according to DIN 8580

Hauptgruppe 6 Stoffeigenschaften ändern *Main group 6 Changing material properties*

Gruppe 6.1

Group 6.1

Verfestigen durch

Umformen

Strengthen by forming

Gruppe 6.2

Group 6.2

Wärmebehandeln

Heat treatment

- Verfestigungsstrahlen
Shot peening

- Walzen

Rolling

- Ziehen

Pulling

- Schmieden

Forging

- Glühen

Annealing

- Härteln

Hardening

- Isothermisches

Umwandeln

Isothermal transformation

- Anlassen, Auslagern

Tempering, Ageing

- Vergüten

Quenching and tempering

- Tiefkühlen

Sub-zero treatment

- Thermochemisches

Behandeln

Thermochemical treatment

- Aushärteln

Hardening

Gruppe 6.3

Group 6.3

Thermomechanisches

Behandeln

Thermomechanical treatment

- Austenitformhärteln

Ausforming

- Heißisostatisches

Nachverdichten

Hot isostatic pressing

Gruppe 6.4

Group 6.4

Sintern, Brennen

Sintering, Baking

Gruppe 6.5

Group 6.5

Magnetisieren

Magnetizing

Gruppe 6.6

Group 6.6

Bestrahlen

Irradiation

Gruppe 6.7

Group 6.7

Photochemische Verfahren

Photochemical processes

- Belichten

Exposure



Verfestigen durch Umformen
Strengthen by forming

Einordnung nach DIN 8580

Classification according to DIN 8580

Hauptgruppe 6 Stoffeigenschaften ändern *Main group 6 Changing material properties*

Gruppe 6.1
Group 6.1
Verfestigen durch
Umformen
Strengthen by forming

- Verfestigungsstrahlen
Shot peening
- Walzen
Rolling
- Ziehen
Pulling
- Schmieden
Forging

Gruppe 6.2
Group 6.2
Wärmebehandeln
Heat treatment

- Glühen
Annealing
- Härteln
Hardening
- Isothermisches Umwandeln
Isothermal transformation
- Anlassen, Auslagern
Tempering, Ageing
- Vergüten
Quenching and tempering
- Tiefkühlen
Sub-zero treatment
- Thermochemisches Behandeln
Thermochemical treatment
- Aushärteln
Hardening

Gruppe 6.3
Group 6.3
Thermomechanisches Behandeln
Thermomechanical treatment

- Austenitformhärteln
Ausforming
- Heißisostatisches Nachverdichten
Hot isostatic pressing

Gruppe 6.4
Group 6.4
Sintern, Brennen
Sintering, Baking

Gruppe 6.5
Group 6.5
Magnetisieren
Magnetizing

Gruppe 6.6
Group 6.6
Bestrahlen
Irradiation

Gruppe 6.7
Group 6.7
Photochemische Verfahren
Photochemical processes

- Belichten
Exposure

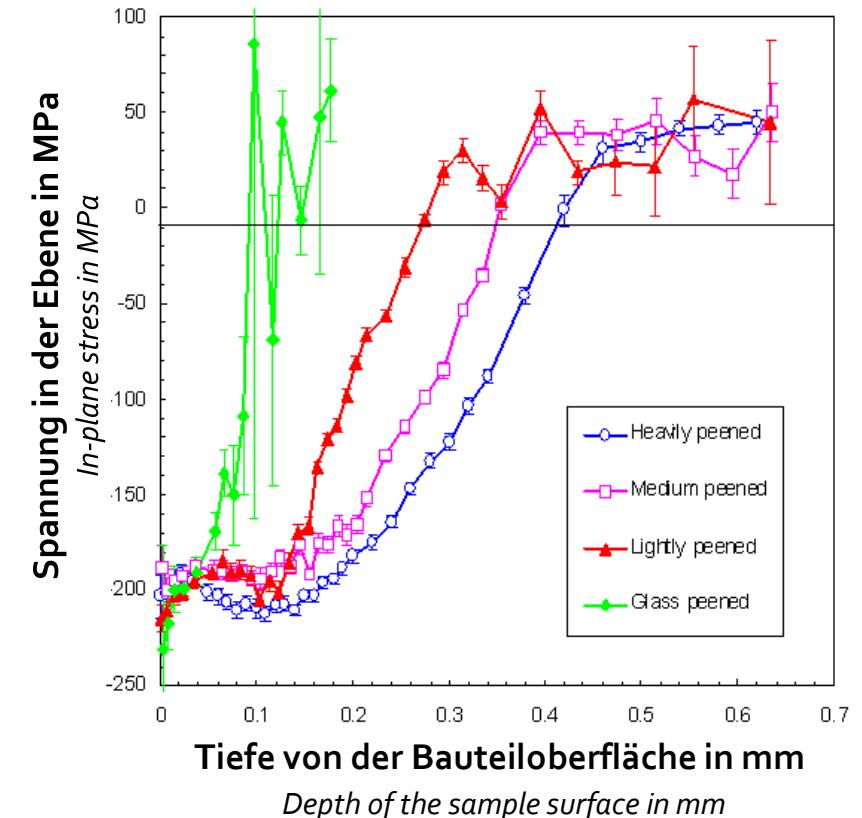
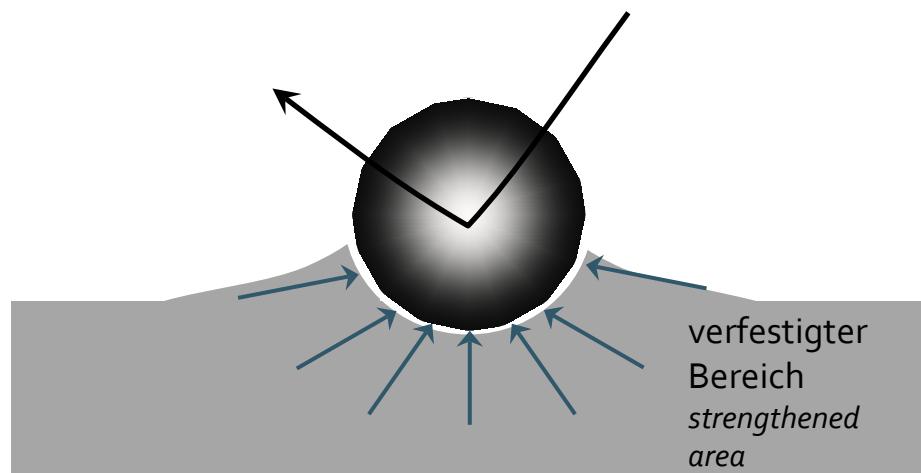
Verfestigungsstrahlen

Shot peening

Verfahren

Principle

- Induziert Druckeigenspannungen in der Randschicht verändern den Spannungszustand
Induced compressive stress at the marginalized layer alter the stress state
- Verändert die Oberflächentopographie
Changes surface topology
- Verändert das Gefüge in der Randschicht
Changes the structure of the marginalized layer
- Steigert die Härte in der Randschicht
Increases hardness of the marginalized layer





Wärmebehandlung

Heat treatment

Einordnung nach DIN 8580

Classification according to DIN 8580

Hauptgruppe 6 Stoffeigenschaften ändern *Main group 6 Changing material properties*

Gruppe 6.1
Group 6.1
Verfestigen durch
Umformen
Strengthen by forming

Gruppe 6.2
Group 6.2
Wärmebehandeln
Heat treatment

- Verfestigungsstrahlen
Shot peening
- Walzen
Rolling
- Ziehen
Pulling
- Schmieden
Forging
- Glühen
Annealing
- Härteln
Hardening
- Isothermisches Umwandeln
Isothermal transformation
- Anlassen, Auslagern
Tempering, Ageing
- Vergüten
Quenching and tempering
- Tiefkühlen
Sub-zero treatment
- Thermochemisches Behandeln
Thermochemical treatment
- Aushärteln
Hardening

Gruppe 6.3
Group 6.3
Thermomechanisches Behandeln
Thermomechanical treatment

- Austenitformhärteln
Ausforming
- Heißisostatisches Nachverdichten
Hot isostatic pressing

Gruppe 6.4
Group 6.4
Sintern, Brennen
Sintering, Baking

Gruppe 6.5
Group 6.5
Magnetisieren
Magnetizing

Gruppe 6.6
Group 6.6
Bestrahlen
Irradiation

Gruppe 6.7
Group 6.7
Photochemische Verfahren
Photochemical processes

- Belichten
Exposure

Wärmebehandeln nach DIN 10052

Heat treatment according to DIN 10052

Wärmebehandeln:

Heat treatment:

Das kontrollierte Erwärmen und Abkühlen eines Werkstücks, um eine Änderung seiner Eigenschaften herbeizuführen.

Heat treatment: controlled heating and cooling of a workpiece to cause a change in its properties.

Phasenumwandlungen haben großen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften

Phase transitions have a huge influence on the mechanical properties:

- Festigkeit
Strength
- Härte
Hardness
- Verformbarkeit
Deformability
- Zähigkeit
Toughness
- Verschleißfestigkeit
Wear resistance
- Zerspanbarkeit
Machinability



Quelle: ingeniero-de-caminos.com

Glühen

Annealing

Verfahren

Principle

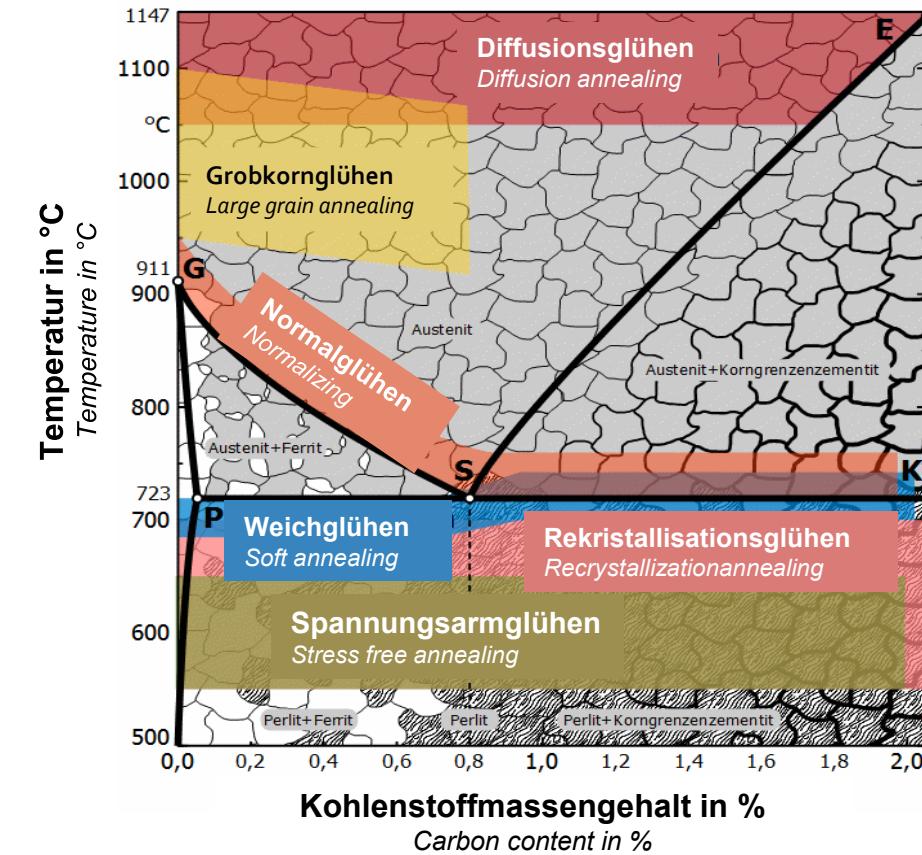
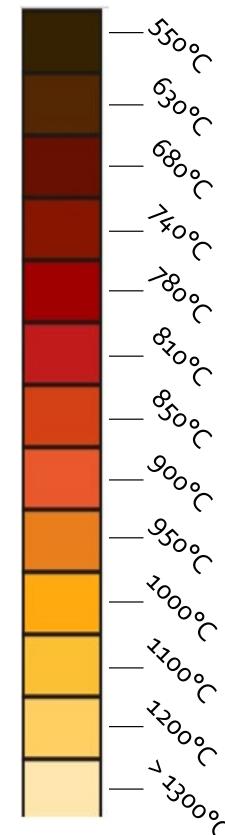
Erwärmen auf eine bestimmte Temperatur, Halten und Abkühlen in der Weise, dass der Zustand des Werkstoffs bei Raumtemperatur dem Gleichgewichtszustand näher ist.

Heating to a certain temperature, holding this temperature and then cooling in a manner that the material, at room temperature, is closer to its balanced state.

Glühverfahren

Types of annealing

- Weichglühen
Soft annealing
- Spannungsarmglühen
Stress free annealing
- Normalglühen
Normalizing
- Grobkornglühen
Large grain annealing
- Rekristallisationsglühen
Recrystallization annealing
- Diffusionsglühen / Lösungsglühen
Diffusion annealing / Solution annealing



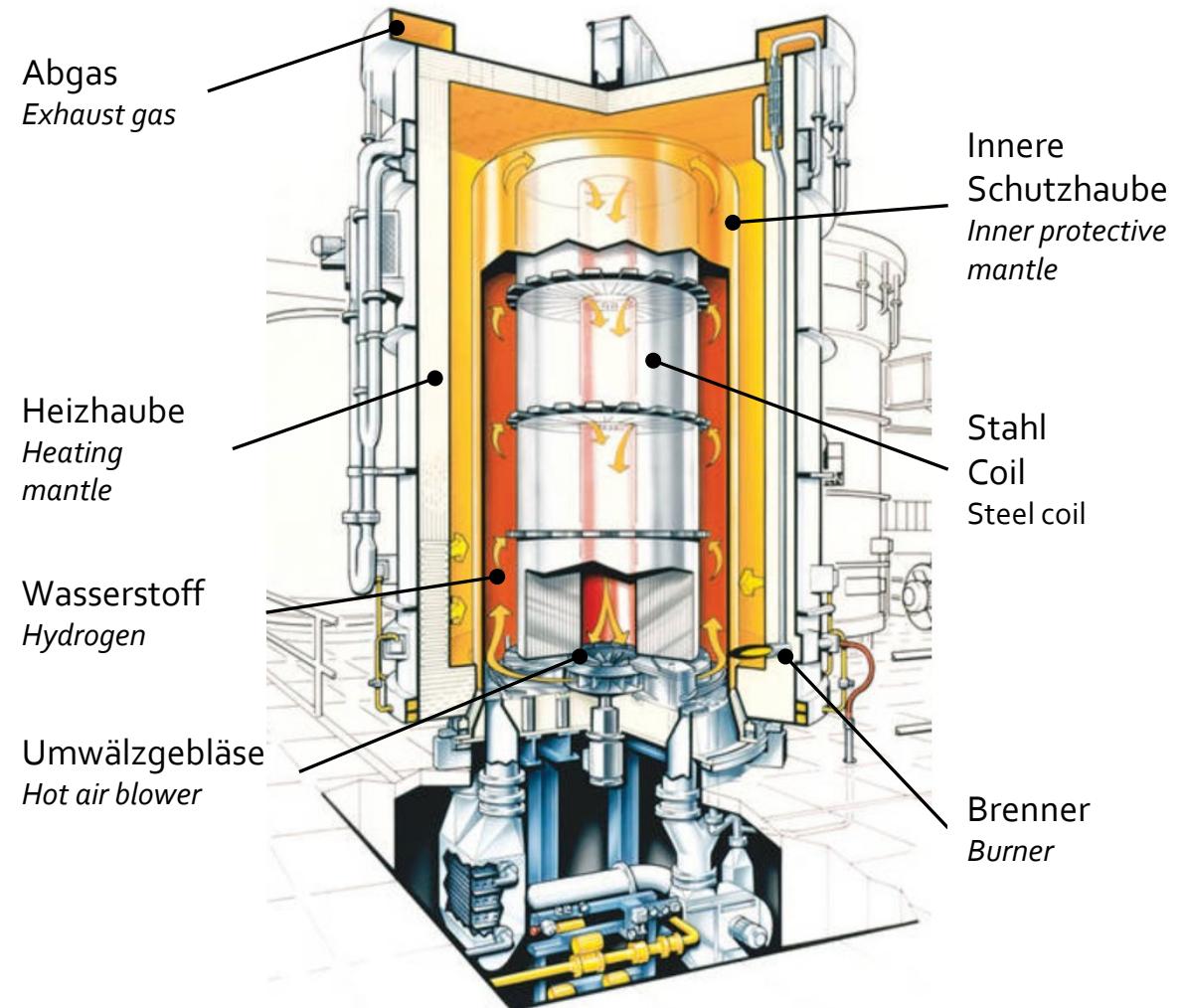
Glühen

Annealing

Haubenglühofen

Bell annealer

- Die Werkstücke werden von einer inneren Schutzhaut umschlossen, um die Bildung von Oxiden und Ruß zu verhindern
The workpieces are being enclosed by an inner protective mantle to prevent formation of oxides and soot
- Eine Heizhaube wird über die innere Schutzhaut gesetzt
A heating mantle is placed around the inner protective mantle
- Verwendung von elektrischen Heizelementen oder Gasbrennern
Use of electrical heating elements or gas burners
- Kühlung durch Entfernen der Heizhaube
Cooling is performed by removing the heating mantle
- Für schnelle und kontrollierte Kühlung kann ein Druckluftkühler über die innere Schutzhaut gesetzt werden
For a faster and more controlled cooling, a forced-cooler is placed around the inner protective mantle



Härten

Hardening

Verfahren

Principle

- Umwandlungshärtung mittels Gefügeumwandlung. Durch schnelles Abkühlen (Abschrecken) nach Erwärmen über die Umwandlungstemperatur entsteht Martensit
-> erhöhte Härte
Conversion hardening through structural transformation. Martensite results in quenching after heating above the transition temperature
-> increased hardness
- Edelstahl und NE-Metalle können nicht thermisch gehärtet werden
Stainless steel and nf-metals can not be thermal hardened

Härteverfahren

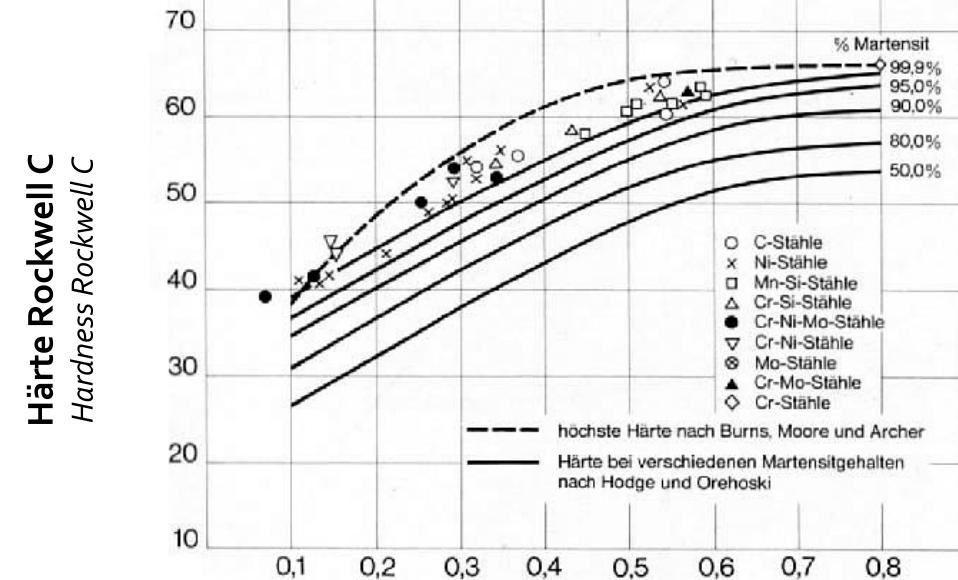
Hardening processes

Unterschieden wird zwischen:

A distinction is made between:

- Härteln nach Volumenerwärmung
Hardening after volume heating
- Randschichthärteln
Surface-layer hardening

Auswirkung des Kohlenstoffgehalts auf die Härte
Effects of carbon content on hardness



Quelle: Saarstahl

Durchhärten

Through-hardening

- Martensitisches Härteln über den gesamten Materialquerschnitt
Martensitic hardening over the entire material cross-section
- Eine Durchhärtung ist nur dann gewährleistet, wenn die Abkühl-geschwindigkeit im Inneren einen kritischer Wert überschritten
Full curing is only guaranteed if the internal cooling rate exceeds a critical value.

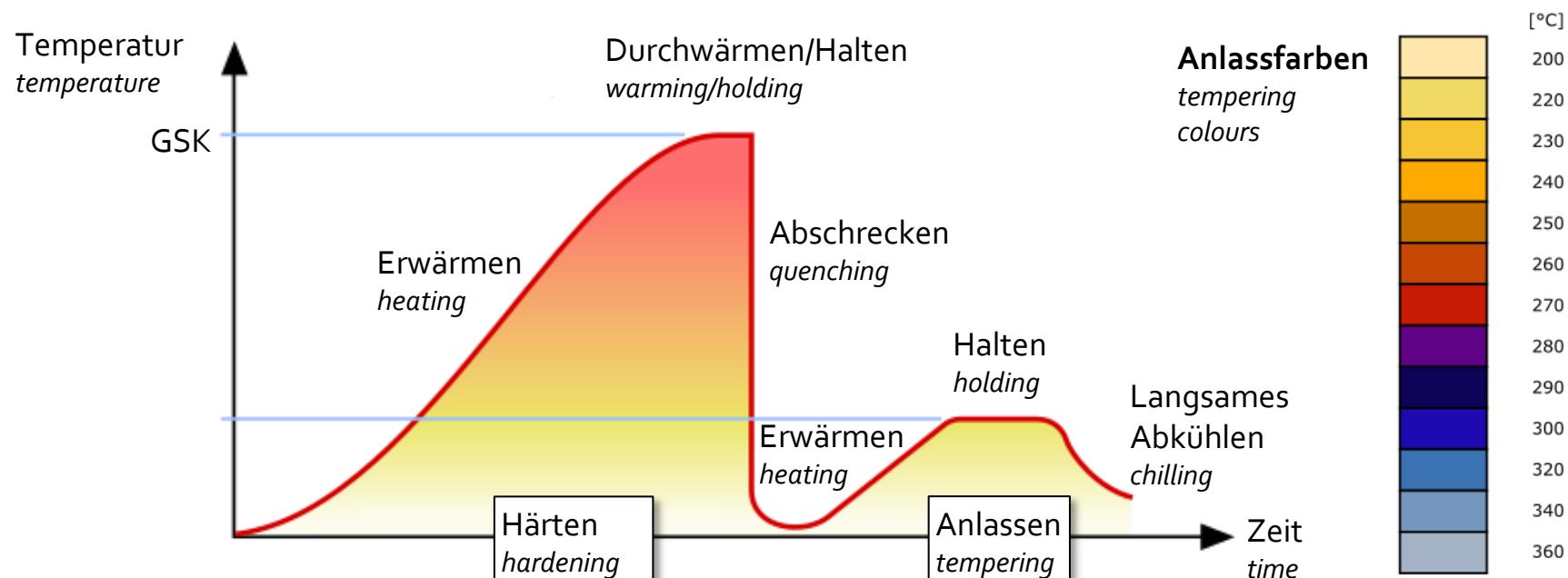
Vergüten

Quenching and tempering

Verfahren

Principle

- Als Vergüten bezeichnet man ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Metallen, bei dem das **Härten mit anschließendem Anlassen** kombiniert wird
Tempering is a process for the heat treatment of metals in which hardening is combined with subsequent tempering
- Beim Anlassen handelt es sich um ein- oder mehrmaliges Erwärmen eines gehärteten Werkstücks zur Erzielung spezifischer mechanischer Eigenschaften
Tempering is the single or multiple heating of a hardened workpiece to achieve specified mechanical properties
- Das Anlassen verfolgt den Zweck, die Härte eines gehärteten Bauteils so weit zu verringern, dass die geforderten Zähigkeitswerte erreicht werden
The purpose of tempering is to reduce the hardness of a hardened component to such an extent that the required toughness values are achieved



Quelle: maschinenbau-wissen.de

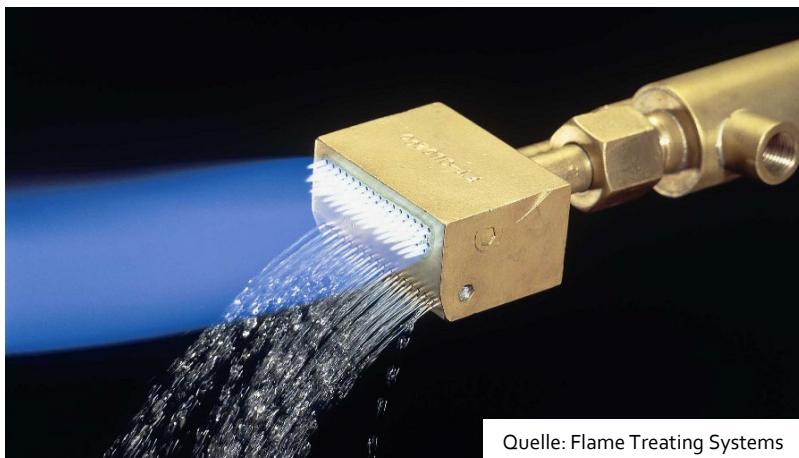
Härten – Thermisches Randschichthärten nach DIN EN 10052

Hardening – Thermal surface hardening according to DIN EN 10052

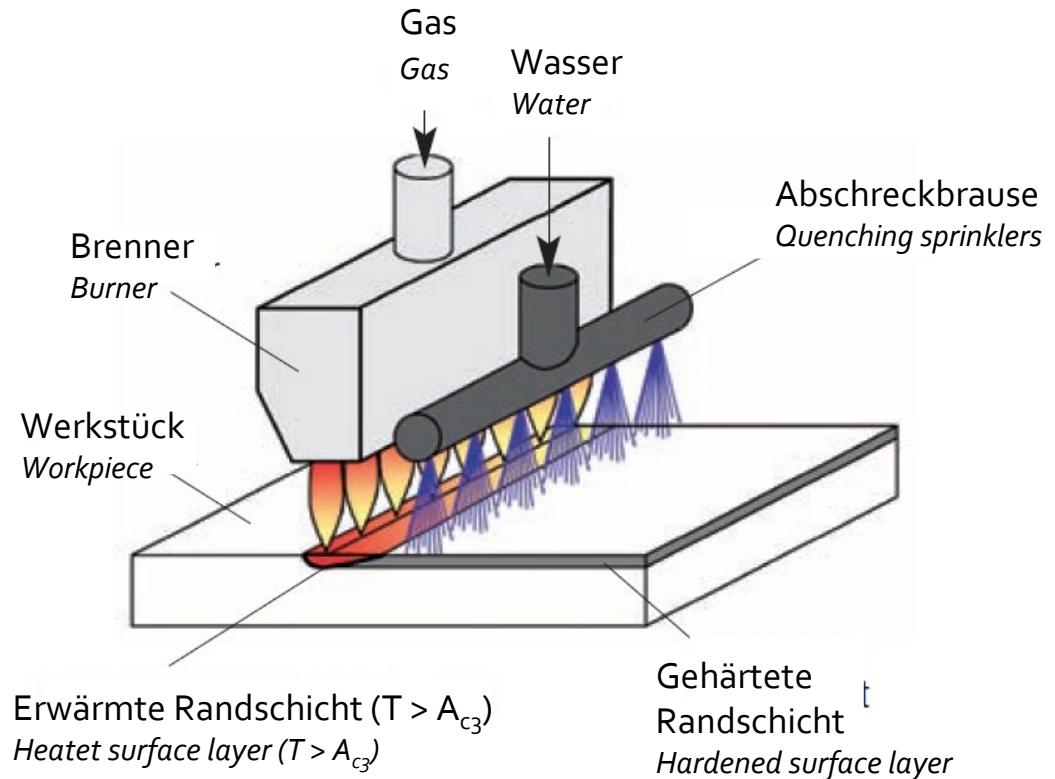
Verfahren

Principle

- Erwärmen mittels Brennflamme, anschließend Abschrecken mittels Wasserbrause
Heating through flame, afterwards cooling with water sprinklers
- Randhärtetiefe ist schwer zu kontrollieren
Surface hardening depth is difficult to control
- Hohe Wärmebelastung der Bauteile
High thermal load of the components
- Verfahren nur für dickwandige, wenig zu Verzug neigende Werkstücke geeignet
Process only suitable for thick-walled, low warping workpieces



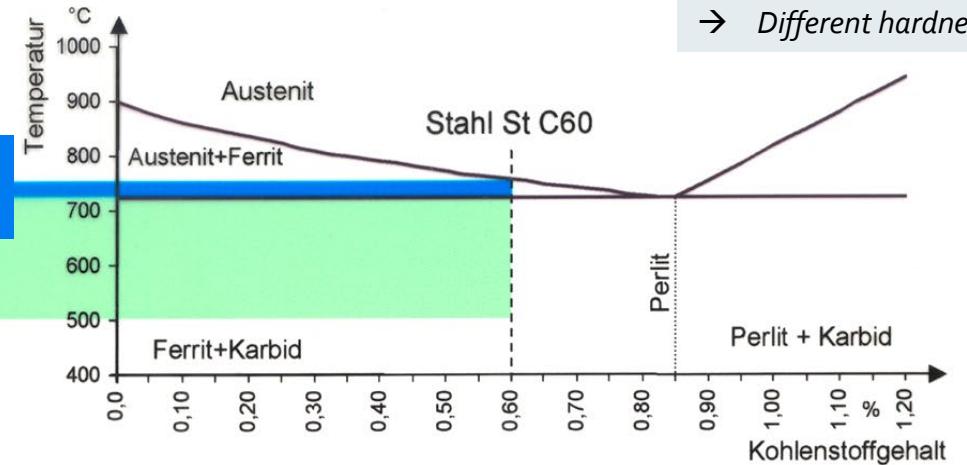
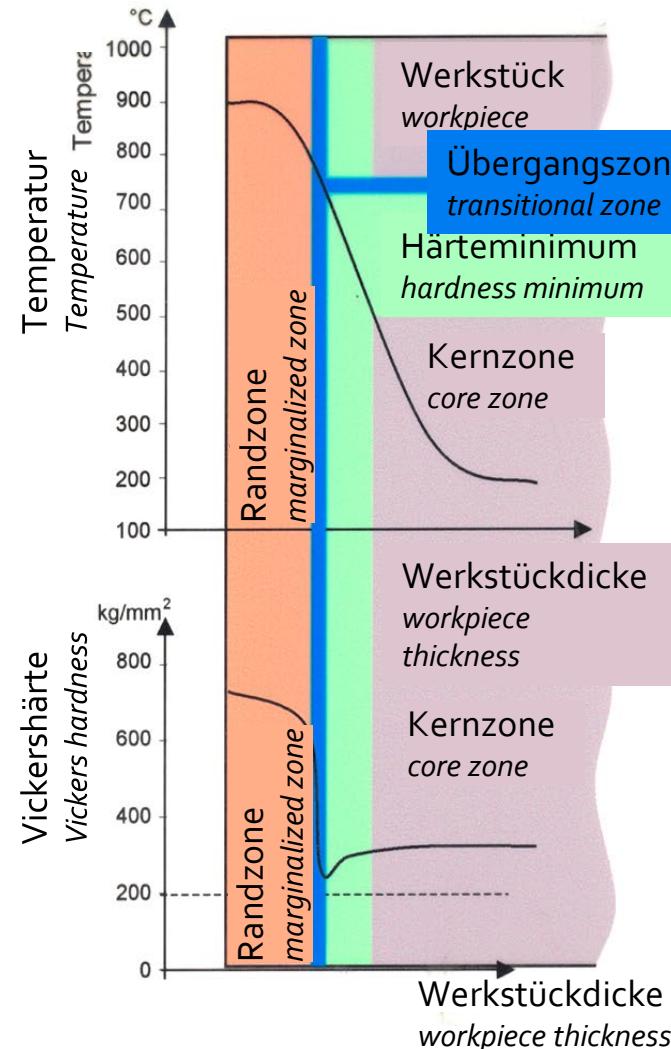
Quelle: Flame Treating Systems



Quelle: Stahl-Informations-Zentrum

Härten – Flammhärten von Vergütungsstahl C60

Hardening – Flame hardening of hardened and tempered steel C60



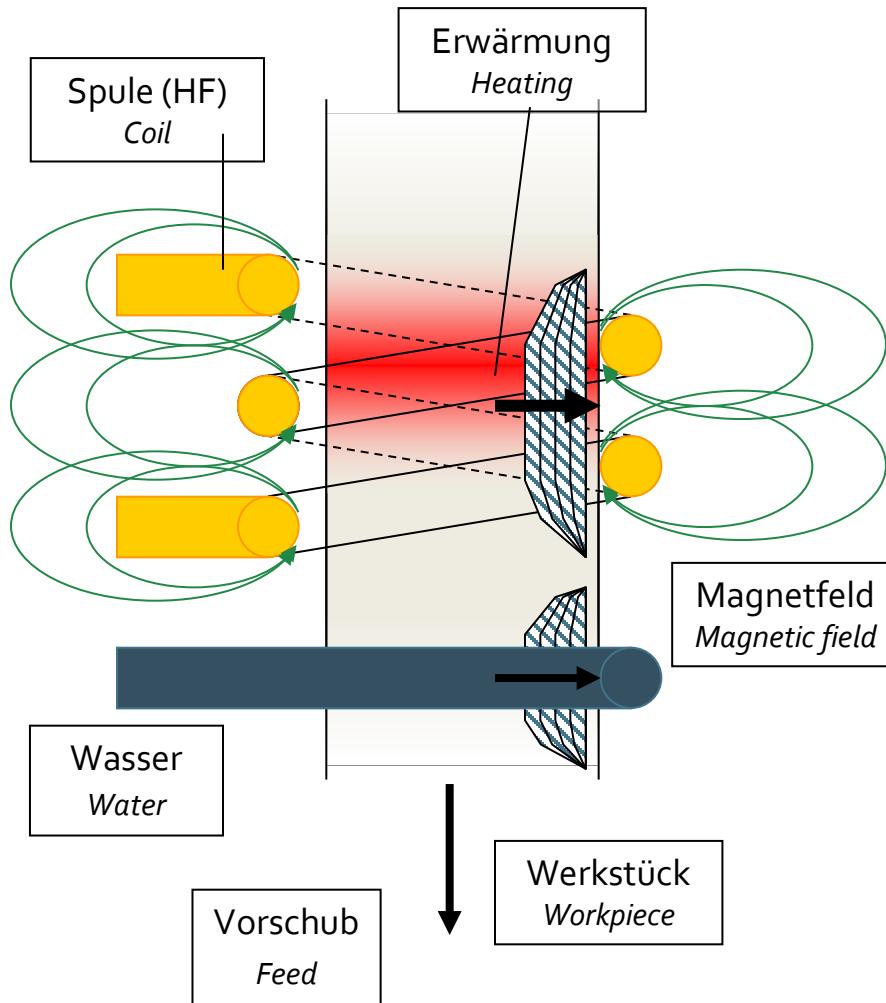
→ unterschiedliche Härteverteilungen
→ Different hardness distribution



Quelle: Steiba Härtetechnik

Härten – Induktionshärten

Hardening – Induction hardening



Verfahren

Principle

- Spule erzeugt magnetisches Wechselfeld
Coil generates alternating magnetic field
- In jedem Stromleiter, der sich im magnetischen Wechselfeld befindet (hier Werkstück) wird ein Stromfluss induziert
A current flow is induced in every current conductor which is located in the alternating magnetic field (here workpiece)
- Der Stromfluss hat aufgrund des Ohm'schen Widerstands eine Erwärmung zur Folge
The current flow emits heat because of the ohmic resistance
- Werkstück wird in der Abschreckzone (Wasserbrause) abgeschreckt
Workpiece is being cooled in the quenching zone (water sprinklers)
- Gute Steuerbarkeit der eingebrachten Wärme, gute Reproduzierbarkeit
Good controllability of the yielded heat, good reproducibility
- Härtetiefen zwischen 1-5 mm
Hardening depths between 1 – 5 mm

Video – Induktionshärten

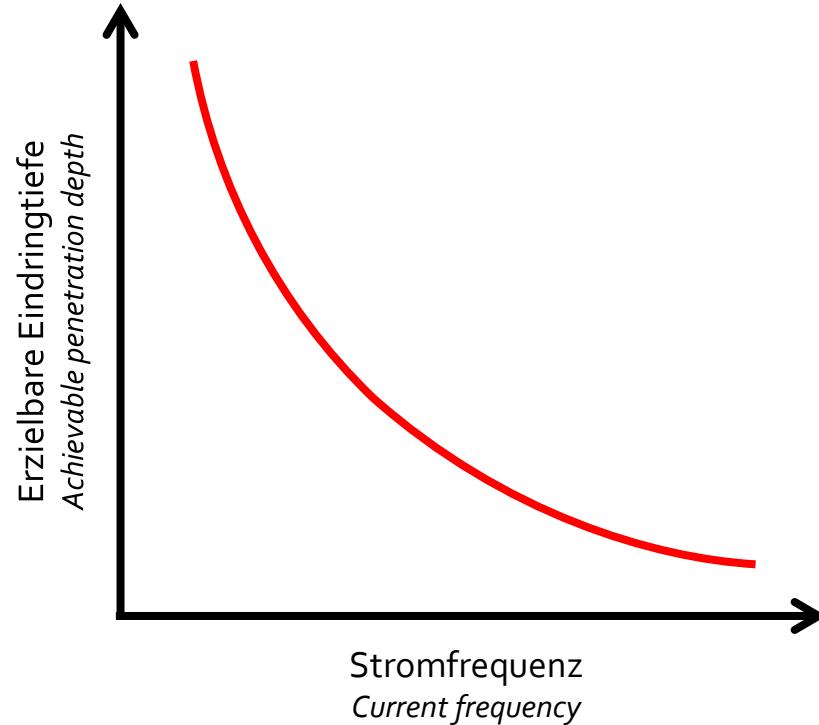
Video – Induction hardening



Quelle: www.youtube.com/watch?v=DivEeimLlkg

Härten – Induktionshärten

Hardening – Induction hardening

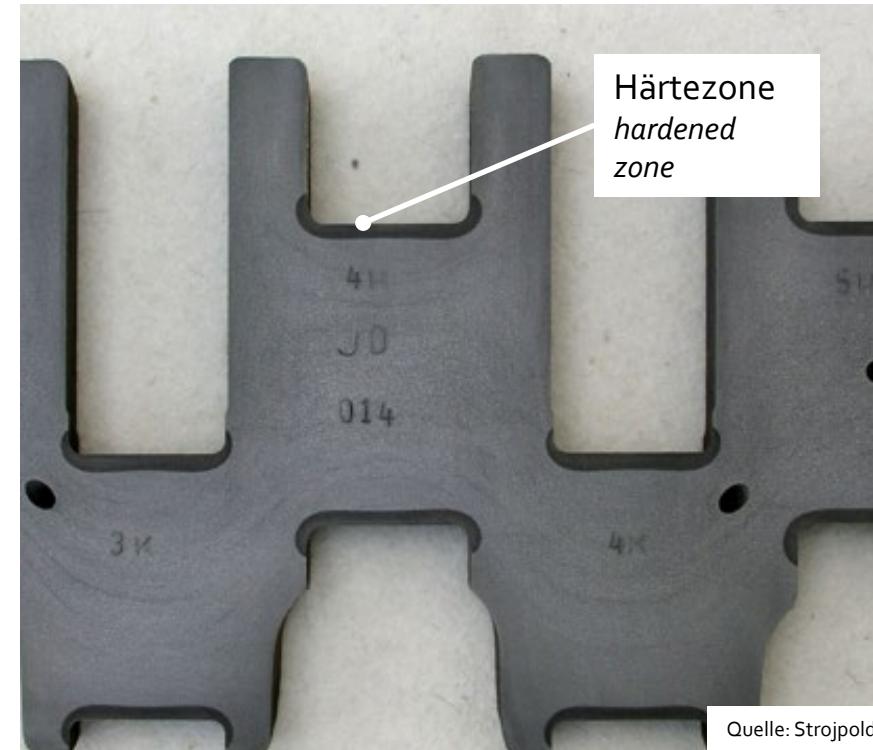


Tiefe der Erwärmung hängt von Frequenz des Wechselfelds ab (Skin-Effekt)
Depth of heating depends on the frequency of the alternating field (Skin-Effect)

Typische Anwendung des Induktionshärtens:

Application of induction hardening

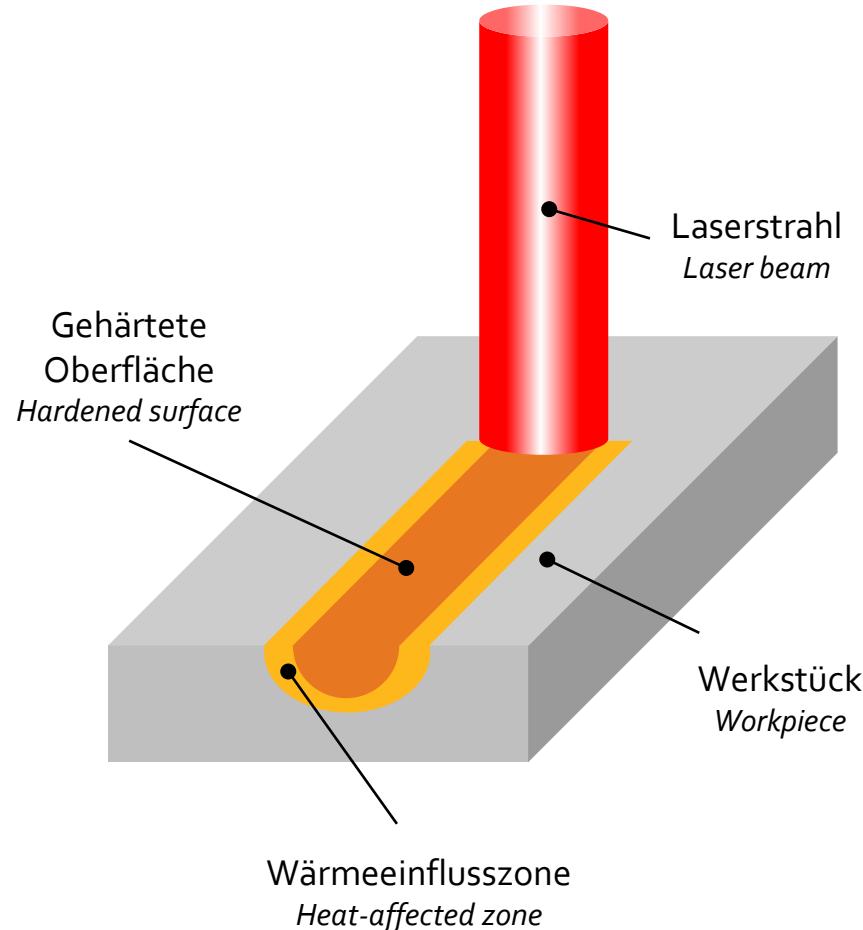
Haupt- und Hublager, sowie Laufflächen für „Simmerringe“ an einer Kurbelwelle
Main and pin bearings and running surfaces for „shaft seals“ on crankshaft



Quelle: Strojpoldi

Härten – Laserstrahlhärten

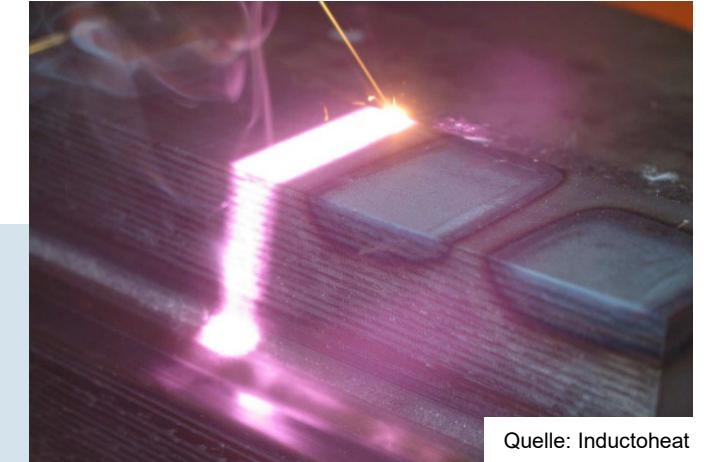
Hardening – Laser beam hardening



Verfahren

Principle

- Erwärmen mittels Laserstrahlung
Heating by laser radiation
- Kein Kühlmedium erforderlich
No cooling media needed
- Geringe thermische Belastung führt zu geringem Bauteilverzug
Low thermal stress results in reduced component distortion
- Hohe Reproduzierbarkeit und Flexibilität
High reproducibility and flexibility
- Geringe Einhärtetiefen von unter 1 mm möglich
Lower hardness penetration depths possible (< 1 mm)



Laserstrahlhärten – Anwendungen

Laser beam hardening – Applications

Karosseriewerkzeug

body tools



Quelle: Inductoheat

Schneidwerkzeug
Cutting tools



Quelle: Inductoheat

Einspritzdüsenhalter

Injection nozzle holder



Quelle: Inductoheat

Stanzwalze
Punching roller



Quelle: Inductoheat

Thermochemisches Behandeln

Thermochemical treatment

Verfahren

Principle

- Die thermochemische Behandlung ist als eine Wärmebehandlung definiert, die in einem geeigneten Medium mit dem Ziel durchgeführt wird, die chemische Zusammensetzung des Werkstoffs durch Stoffaustausch mit dem Umgebungsmedium zu verändern
Thermochemical treatment is defined as a heat treatment carried out in a suitable medium with the aim of changing the chemical composition of the material by mass transfer with the ambient medium
- Während einer thermochemischen Behandlung werden die randnahen Bereiche des Wärmebehandlungsgutes entweder durch Eindiffusion von Nichtmetallen (Kohlenstoff, Stickstoff) oder Metallen (Chrom, Aluminium, Silicium) oder durch Effusion in ihrer chemischen Zusammensetzung verändert
During a thermochemical treatment, the chemical composition of the near-edge areas of the heat-treated material is changed either by diffusion of non-metals (carbon, nitrogen) or metals (chromium, aluminium, silicon) or by effusion

Angestrebte Randschichtegenschaften:

Desired boundary layer properties:

- hohe Härte
high hardness
- hoher Verschleißwiderstand
high wear resistance
- hoher Korrosionswiderstand
high corrosion resistance



Quelle: Aichelin

Verständnisfragen

Questions of understanding

1. Skizzieren Sie das tribologische Grundmodell und benennen Sie dessen Komponenten.
Sketch the basic tribological model and name its components.

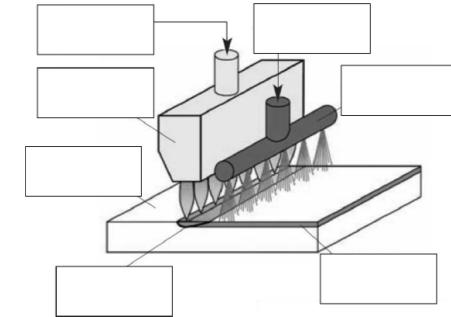
2. Nennen Sie zwei etablierte Beschichtungsverfahren, die zur Beschichtung von Zerspanungswerkzeugen eingesetzt werden. Welche Vorteile bietet die Beschichtung eines Zerspanungswerkzeuges? Nennen Sie mindestens zwei Vorteile.
Name two established coating processes used to coat cutting tools. What are the advantages of coating a cutting tool? Name at least two advantages.

3. Welches Beschichtungsverfahren wird klassischerweise für Stahlbauteile im Außenbereich angewendet? Beschreiben Sie den Prozessablauf. Welche Voraussetzung muss hinsichtlich der Schmelzpunkte von Werkstück und Beschichtungsmaterial gelten? Was ist das Hauptziel dieses Verfahrens?
Which coating process is typically used for exterior steel components? Briefly describe the process sequence. What is the requirement regarding the melting points of the workpiece and the coating material? What is the main objective of this process?

4. Skizzieren Sie den allgemeinen thermischen Spritzprozess und nennen und markieren Sie die vier Phasen des Prozesses. Nennen Sie zwei thermische Spritzverfahren.
Sketch the general thermal spray process and name and label the four phases of the spray process. Name two thermal spray processes.

Verständnisfragen

Questions of understanding

1. Skizzieren Sie den schematischen Temperatur-Zeit-Verlauf eines Vergütungsprozesses. Aus welchen zwei kombinierten Wärmebehandlungen setzt sich das Vergüten zusammen?
Sketch the schematic temperature-time curve of a quenching and tempering process. What are the two combined heat treatments that make up quenching and tempering?
2. Benennen Sie alle Bestandteile des thermischen Randschichthärtens anhand der abgebildeten Skizze. Eignen sich eher dünn- oder dickwandige Bauteile für dieses Härteverfahren? Erläutern Sie Ihre Antwort.
Name all the components of thermal surface hardening using the sketch shown. Are thin- or thick-walled components more suitable for this hardening process? Explain your answer.
3. Beschreiben Sie kurz das Prinzip eines Induktionshärteverfahrens. Wovon ist die Eindringtiefe der Induktion abhängig? Skizzieren Sie den Zusammenhang in einem einfachen X-Y-Diagramm.
Briefly describe the principle of an induction hardening process. What does the induction penetration depth depend on? Sketch the relationship in a simple X-Y-diagram.
4. Welche Einhärtetiefen können mittels Laserstrahlhärten erreicht werden? Wird ein hoher oder geringer Bauteilverzug erreicht? Erklären Sie Ihre Antwort.
What hardening depths can be achieved by laser beam hardening? Is high or low component distortion achieved? Explain your answer.

Literatur

Literature

- Westkämper, E. & Warnecke, H.-J. (2010). Einführung in die Fertigungstechnik (8. Aufl.). Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag
- Zoch, H.-W. & Spur, G. (2015). Handbuch: Wärmebehandlung und Beschichtung. München: Hanser Verlag
- Awiszus, B., Bast, J., Dürr, H., Mayr, P. (2016). Grundlagen der Fertigungstechnik (6. Aufl.). Leipzig: Hanser Verlag
- Koether, R. & Sauer, A. (2017). Fertigungstechnik für Wirtschaftsingenieure (5. Aufl.). München: Hanser Verlag
- Förster, R. & Förster, A. (2018). Einführung in die Fertigungstechnik: Lehrbuch für Studenten ohne Vorpraktikum. Berlin: Springer Vieweg

