

Bild 2. Wirkprinzip des Zweistufenkaltumformens;

Arbeitsgänge:

- Vorbehandlung des Werkstücks 2 durch Drehen oder Schleifen
 - Profilieren der Oberfläche mit Profilwalze 1
 - Glättung der Oberfläche mit Glattwalzenpaar 3 und 4
- d_0 Ausgangsmaß, d_1 Fertigmaß

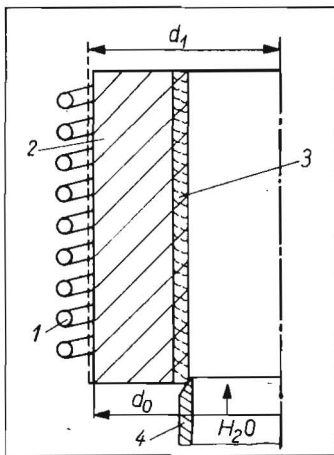


Bild 3. Prinzip des hydrothermischen Aufweitens; 1 Induktor, 2 Werkstück (Kolbenbolzen), 3 Innzone, 4 Wasserzufuhr
 d_0 Durchmesser vor der Erwärmung, d_1 Durchmesser nach dem Abschrecken

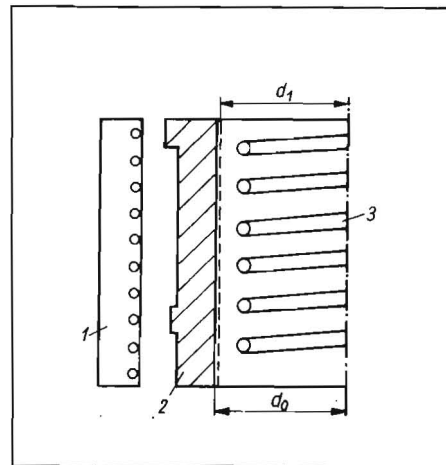


Bild 4. Prinzip des hydrothermischen Zusammen-drückens;

- 1 Wasserbrause, 2 Werkstück (Zylindergleitbuchse), 3 Induktor
- d_0 Durchmesser vor der Erwärmung, d_1 Durchmesser nach dem Abschrecken

- hydrothermisches Aufweiten (Bild 3), z. B. bei Kolbenbolzen, mit folgenden Arbeitsschritten:

- induktive Erwärmung von außen auf 900 °C
- Abkühlung durch Wasser in der Bohrung
- Abschreckeffekt innen bewirkt Beibehaltung der Durchmessererweiterung außen von 0,1 bis 0,3 mm
- Schleifen auf Fertigmaß

- hydrothermisches Zusammen-drücken (Bild 4) von Zylindergleitbuchsen nach folgenden Etappen:

- Erwärmung von innen auf 800 °C
- Abkühlung durch Wasserbrause außen

- Durchmesserschrumpfung bis 0,4 mm
- Bohrung schleifen und honen.

Literatur

- [1] Lietz, B.: Die wachsende politische und ökonomische Verantwortung der Betriebe der Landtechnik als Stützpunkte der Arbeiterklasse auf dem Lande. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 2, S. 47-52.
- [2] Stibbe, J.: Erweiterung der Einzelteilinstandsetzung durch Weiterentwicklung der Verfahren. agrartechnik, Berlin 28 (1978) 1, S. 33-38.
- [3] Opitz, B.: Zuverlässigkeit instand gesetzter Einzelteile und deren Einfluß auf die Instandsetzungshäufigkeit am Beispiel des E 280. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 5, S. 227-229.
- [4] Ihle, G.; Opitz, B.: Untersuchung des volkswirtschaftlichen

Effekts der Verwendung von instand gesetzten Einzelteilen. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 12, S. 551-553.

- [5] Stibbe, J.; Kastner, G.; Puttscher, R.: Einzelteilinstandsetzung durch Metallpulver- und Spachtelmassenauftrag. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 9, S. 394-397.
- [6] Kastner, G.: Anwendung des Widerstands-Rollnaht-Beschichtens bei der Instandsetzung von Bauteilen. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 12, S. 560-562.
- [7] Puttscher, R.; Stibbe, J.: Stand und Perspektiven der Anwendung von Plastwerkstoffen bei der Einzelteilinstandsetzung. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 5, S. 224-226.
- [8] Puttscher, R.; Stibbe, J.: Anwendung von Polyamid bei der Instandsetzung von Einzelteilen. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 12, S. 562-563.

A 4171

Einzelteilinstandsetzung durch Metallpulver- und Spachtelmassenauftrag

Dr.-Ing. J. Stibbe, KDT/Ing. G. Kastner, KDT/Dipl.-Ing. R. Puttscher, KDT

VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Wissenschaftlich-technisches Zentrum der landtechnischen Instandhaltung

1. Aufgaben- und Zielstellung

Die Entwicklung und Anwendung von Formen und Methoden der effektiven territorialen Einzelteilinstandsetzung (ETI), die sich als Folge der schadbezogenen Instandsetzung ergibt, ist aus ökonomischen Gründen erforderlich. Diese territoriale ETI verlangt auch in kleinen Einzugsbereichen, bei geringem Transportaufwand rationell Einzelteile qualitätsgerecht instand zu setzen. Dabei sind vorhandene Einrichtungen der Aufarbeitung mehr als bisher auszulasten und die bekannten, technologisch erprobten Verfahren anzuwenden, um ein Maximum an verschlissenen Einzelteilen regenerieren zu können.

Neben den bewährten Aufarbeitungs-lösungen sind aber auch neue Techniken und Zusatzwerkstoffe zur Erschließung bisher ungelöster Aufarbeitungssortimente oder zur Qualitätsverbesserung einzusetzen. Einige dieser Aufarbeitungsvarianten, die sich teilweise durch geringen gerätetechnischen Aufwand und damit einfache Handhabung auszeichnen, sollen nachfolgend vorgestellt werden. Das sind der Metallpulverauftrag durch Spritzen und Schweißen sowie der Einsatz von Spachtelmassen bei der Kleb-, Gießharz- und Laminiertechnik (KGL-Technik).

2. Metallpulverauftrag

Von den vielen Möglichkeiten des Metallpulverauftrags sind folgende Verfahren von Interesse:

- Flammpulverspritzen mit exothermer Reaktion, das als handwerkliches Verfahren für eine Breitenanwendung zur Instandsetzung von Fest-, Gleitlager- und Dichtsitzen in den unteren Instandsetzungsebenen geeignet ist
- Plasmapulverspritzen mit nickelumhülltem Ferrochrom corbure - FeCrC (DDR-Eigenherstellung) für die Standzeiterhöhung hochbelasteter Dicht- und Gleitlagersitze in der spezialisierten ETI

- Pulverauftrag z. B. für höchstbelastete Dichtflächen mit anschließendem Einschmelzen, z. B. mit Hilfe eines Lasers, um benachbarte Stellen nicht thermisch zu beeinflussen.

2.1. Wirkprinzip

2.1.1. Flampulverspritzen mit exothermer Reaktion

Bei der ETI durch Flampulverspritzen mit exothermer Reaktion sind folgende Arbeitsgänge vorgeschrieben:

- Aufrauen der verschlissenen Fläche durch Drehen, Schleifen oder Strahlen unter üblichen Parametern, d. h. metallisch reine Oberfläche, hohe Reaktionsfähigkeit für Metallpulverauftrag
- Beschichtung nach Bild 1 erfolgt mit Hilfe von Pulver und Sauerstoff-Azetylen-Flamme (O_2/C_2H_2). Der Brenner dient zur Zuführung von O_2/C_2H_2 -Brenngas und gleichzeitig als Pulverdosiervorrichtung für Metallpulver. Das Pulver ist bei einer Korngröße von 40 bis 80 μm rieselfähig.
- mechanische Bearbeitung durch Drehen mit Hartmetall oder Schleifen mit Korund- bzw. Siliziumkarbid-Scheiben (je nach Art des Pulvers).

Bei der Pulverbeschichtung wird zunächst ein Haftgrundspritzen (HG-TS) und anschließend ein Verschleißschutzspritzen (VS-TS) durchgeführt. Das HG-TS erfolgt z. Z. mit nickelumhülltem Aluminiumpulver. Zwischen den Elementen der Legierung tritt eine exotherme Reaktion und damit eine erhebliche Erwärmung der Legierungspartikel auf. Durch die O_2/C_2H_2 -Flamme wird eine weitere Erhöhung der Temperatur erreicht. Die stark erwärmten Teilchen verankern sich an der aufgerauten Oberfläche, bzw. eine partielle Verschweißung tritt ein. Das VS-TS erfolgt analog dem HG-TS mit verschleißfestem Zusatzwerkstoff auf die raue Haftgrundschrift.

2.1.2. Plasmaspritzen mit Ferrochrom corbure

Beim Plasmaspritzen entsprechend Bild 2 kommt das Prinzip des nicht transferierten (übertragbaren) Lichtbogens zur Anwendung. An den Stromkreis eines Gleichrichters oder Generators werden die Wolfram-Elektrode und eine Ringanode (Düse), beide wassergekühlt, angeschlossen. Zwischen Katodenspitze und Düsenwandung brennt der Lichtbogen. Gleichzeitig wird das Arbeitsgas eingeblasen. Das kalte Gas durchdringt den Lichtbogen, stabilisiert ihn, heizt sich gleichzeitig auf und strömt mit großer Geschwindigkeit durch die Düsenbohrung in das Freie. Dieses thermisch dissoziierte und ionisierte Gas, das neutral und elektrisch leitend ist, wird Plasma genannt. Im Plasma wird nach nunmehr geöffneter Pulverzufuhr das Ferrochrom corbure geschmolzen und auf das Spritzteil geschleudert.

2.1.3. Pulverauftrag mit Lasereinschmelzung

Der Metallpulverauftrag mit anschließendem Einschmelzen durch Laser hat folgende Arbeitsgänge:

- Verschleifen der zu beschichtenden Fläche
- Aufkleben des Metallpulvers auf das vorgeschliffene Beschichtungsteil
- Einschmelzen des Pulvers mit Hilfe des Lasers (Bild 3)
- Fertigschleifen.

Dabei wird unter Laser-Oszillator oder kurz

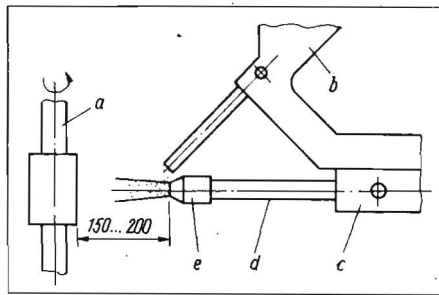


Bild 1. Wirkprinzip des Flampulverspritzens mit exothermer Reaktion;

a Werkstück, b Pulverzuführeinrichtung, c Brennerkörper mit Anschluß für Griffstück, d Brennerrohr, e Brennerdüse

Bild 2. Wirkprinzip des Plasmaspritzens mit Ferrochrom corbure; a Gaszufuhr ($Ar + N_2$), b Pulverzufuhr, c Spritzteil, d Generator, e Wolfram-Elektrode, f Anode

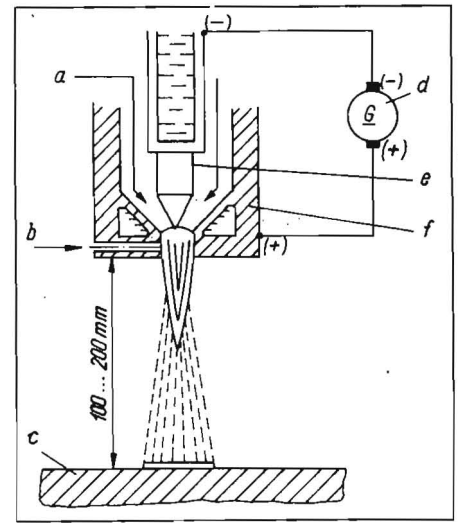
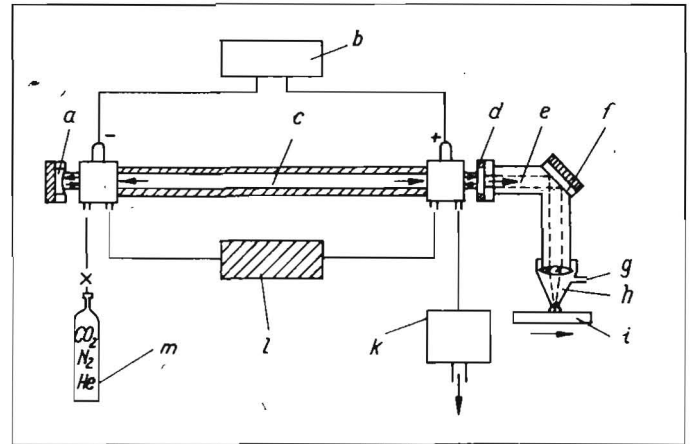


Bild 3

Aufbau eines Lasers zum Einschmelzen von Metallpulver [1]; a sphärischer Spiegel, b Hochspannungsversorgung, c doppelwandiges gekühltes Entladungsrohr, d Auskoppelscheibe, e ausgekoppelter Laserstrahl, f Umlenkspiegel, g Arbeitsgas, h Arbeitsoptik, i Beschichtungsteil (Werkstück), k Vakuumsystem, l Kühlsystem, m Gasversorgung (CO_2 -He- N_2 -Gemisch)



Erläuterung zum CO_2 -Laser

Die Anregung des aktiven Mediums m (CO_2 -He- N_2 -Gemisch), d. h. seine Anhebung auf ein höheres Energieniveau und Abgabe von Photonen zur stimulierten oder induzierten Emission, erfolgt durch den Impulsstrom b von 100 bis 1 000 A (Elektronenstoße, vor allem bei schwingungsangeregten N_2 -Molekülen).

Das aktive Medium befindet sich im Laserrohr c, das eine Länge von 0,3 bis 1,5 m und einen Durchmesser von 0,1 bis 2 cm hat (abhängig von der Laserleistung). Die Gasfüllung des Laserrohres erfolgt nach dem Durchflußsystem ausgehend von m nach

k. Die Verstärkung des Strahlungseffekts wird hervorgerufen durch Dissoziation der CO_2 -Moleküle unter Bildung von CO (rd. 50 bis 80 % zerfallen innerhalb von 0,1 bis 1 s). Die Kühlung des aktivierten Gases erfolgt durch destilliertes Wasser l. Die Rückkopplung des im aktiven Medium erzeugten Strahlungsfeldes erfolgt im Laser-Resonator a/c/d, der aus 2 Spiegeln besteht (a und d), davon der eine geschlossen (a) für die Reflexion und der zweite mit einem Fenster versehen (d) für die Auskopplung der Laserstrahlung e. Der CO_2 -Laser ist für höchste kontinuierliche Leistungen > 100 kW geeignet und wird in der Materialbearbeitung oder -untersuchung eingesetzt.

Laser die Lichtverstärkung durch induzierte Strahlungsemission und dessen Kombination mit einem optischen Resonator verstanden. Es wird eine gebündelte oder kohärente Strahlung hoher Energiedichte geliefert, die örtlich begrenzt wirkt.

2.1. Technologische Parameter und Zusatzwerkstoffe

2.2.1. Flampulverspritzen

Die wichtigsten Einzelwerte enthält Tafel 1. Das Haftgrundspritzen erfolgt mit einer Sauerstoff-Azetylen-Flamme unter Azetylenüberschuß, um Oxydation zu vermeiden. Das Verschleißschutzspritzen ermöglicht Schichtdicken bis zu 1,5 mm bei Auftragsleistungen von 60 cm^2/min und Härten von 300 bis 360 HB₃₀.

2.2.2. Plasmaspritzen

Die bedeutendsten Spritzparameter sind in Tafel 2 zusammengestellt. Für ein Beispiel

werden die Einstellwerte angegeben. Von Vorteil ist, daß der Zusatzwerkstoff Ferrochrom corbure als Sekundärrohstoff der DDR-Industrie verfügbar ist. Durch das ZIS Halle wird gegenwärtig die Technologie zur Eigenherstellung (beim Instandsetzer) des Pulvers mit Ni-Zusatz erprobt.

2.2.3. Lasereinschmelzung von Pulver und Laserhärtung

Die in Tafel 3 enthaltenen technologischen Angaben stammen von Remdetal Moskau. Danach wird eine NiCrBSi-Legierung mit einem 750-W-Laser auf solche verschlissenen Einzelteile aufgeschmolzen, die eine zweifache Standzeit gegenüber gehärtetem Stahl aufweisen müssen.

Außerdem ist der Laser auch für die Oberflächenhärtung von Auftragschichten, vor allem Metallspritzschichten, einsetzbar.

Tafel 1. Technologische Parameter und Zusatzwerkstoffe für das Flampulverspritzen mit exothermer Reaktion [2]

HG-TS
 Brenngasgemisch O₂/C₂H₂
 Spritzabstand 150 ... 200 mm
 Schichtdicke 0,1 ... 0,2 mm
VS-TS (analog HG-TS)
 Schichtdicke ≤ 1,5 mm
 Umfangsgeschwindigkeit der Drehteile
 15 ... 20 m/min
 Brennervorschub 5 ... 10 mm/U
 max. Erwärmung des Werkstücks 250 °C
 Auftragleistung ≥ 60 cm²/min bei einer Schichtdicke von 0,5 mm
Zusatzwerkstoffe lt. [2]
 - HG-TS Typ Nr. 29904 (Ni-umhülltes Al) Körnung 40 ... 80 µm
 - VS-TS z. B. Typ Nr. 19910 (Zusammensetzung lt. Spektralanalyse 14,3 % Cr; 4,4 % Al; 9 % Fe; 1,7 % B; 0,66 % C; Rest Ni)
 - Härte 300 ... 360 HB₃₀

Tafel 2. Technologische Parameter und Zusatzwerkstoffe für das Plasmaspritzen mit Ferrochrom corbure [3]

Gasverbrauch (Ar oder N₂) 12 m³/h
 Einstellwerte zur Beschichtung des Achsschenkelbolzens ZT 300:
 Strom 500 A
 Spannung 24 V
 Arbeitsgas (Ar) 4 250 l/h
 Zusatzgas (N₂) 1 130 l/h
 Pulververbrauch 30 g/min
 Brennervorschub 0,25 m/min
 Verschleißteildrehzahl 160 U/min
 Zusatzwerkstoff
 FeCrC 800/1 000 umhüllt mit 20 % Ni unter Bindung mit Resol Z₇K
 elektr. Anschlußwert der Plasmaspritzenanlage 45 kW

2.3. Anwendungsbeispiele

2.3.1. Flampulverspritzen

Das Flampulverspritzen mit exothermer Reaktion ist als handwerkliches Verfahren in kleineren Werkstätten vorgesehen. Die hier zum Gasschweißen verwendeten Azetylen- und Sauerstoff-Druckflaschen sowie Gasschläuche können auch beim Flampulverspritzen eingesetzt werden.

Das Aufarbeitungssortiment leitet sich aus den Funktionsstellen Fest-, Gleitlager- und Dichtsitz ab und beinhaltet [2, 4]:

- Lagersitze von Wellen, Achsen, Zapfen, Kurbelwellen, Nockenwellen
- Wellensitze mit Keil- oder Paßfedernuten

Tafel 3. Technologische Angaben zur Lasereinschmelzung von Pulver

- Zusatzwerkstoff
 NiCrBSi-Legierung der Körnung 100 ... 200 µm auf Einzelteil mit Klebstoff Karboxymethylzellose auftragen
 Schichtdicke 300 µm
 Schmelzpunkt des Pulvers 1 100 °C
 - Laser auf Basis CO₂/He/N₂
 Leistung 750 W, primär 8 kW
 Gasverbrauch je Schicht 1 m³ (He) sowie 0,5 m³ (N₂ und CO₂)
 Einschmelzgeschwindigkeit 0,63 ... 24 m/min, Vorschub 3 mm/U
 - Laserhärtung
 Phosphatieren der Oberfläche (Vermeidung Reflexion)

- Bohrungen im Lagerschild oder in Gehäusen
- Dichtsitz oder Außendurchmesser von Zylindergleitbuchsen, Lagerbuchsen, Lagerschalen, Gleitbahnen.

2.3.2. Plasmaspritzen

Das Plasmaspritzen mit Ferrochrom corbure ist vorwiegend für die spezialisierte ETI von Dicht- und Gleitlagersitzen bei gleichzeitiger Standzeiterhöhung vorgesehen. Durch das ZIS Halle wurden im Auftrag des VEB PVB Charlottenthal beschichtet:

- Dichtsitz der Kolbenstange MTS-50, Andrehklaue FD 22, Wasserpumpen-Welle MTS-50
- Gleitlagersitz des Achsschenkelbolzens ZT 300, Nabe Wasserpumpe MTS-50.

2.3.3. Pulverauftrag und Laserbehandlung
 Anwendungsbeispiele für die Lasereinschmelzung von Metallpulver an Dichtsitzen sind:

- Steuerschieber und Dichtkegel von Hydraulikanlagen
 - Kolbenringe und Ventile von Kraft- und Arbeitsmaschinen.
- Die Oberflächenhärtung mit Hilfe eines Lasers erfolgt versuchsweise an
- Gleitflächen der Zylindergleitbuchsen
 - lichtbogenmetallgespritzten Kurbelwellen im RAW Cottbus.

2.4. Ökonomie

Folgende Ergebnisse des Metallpulverauftrags, die versuchsweise noch nicht vollständig bestätigt worden sind, wurden erreicht:

- relativ hohe Kosten für Zusatzwerkstoffe mit ≥ 50,- M/kg und max. 800,- M/kg
- Standzeiterhöhung instand gesetzter Einzelteile gegenüber gehärtetem Stahl um das 2- bis 3fache und damit Schwachstellenabbau und Qualitätsverbesserung in der ETI
- hohe Verfügbarkeit des Flampulverspritzens und damit schnelle Reparatur- und Einsatzfähigkeit der Technik.

2.5. Entwicklungsaufgaben und -tendenzen

Beim Flampulverspritzen liegt der Schwerpunkt in der Eigenherstellung der Pulverlieferung. Während in der DDR diese Aufgabe vom ZIS (Eigenherstellung) mit der Industrie gelöst wird, orientiert die UdSSR auf eine Lizenznahme von Castolin. Die Brennerentwicklung ist weitgehend realisiert.

Mit der Einführung des Plasmaspritzens in die spezialisierte ETI ist nach positivem Abschluß der Prüfstand- und Einsatzprüfung der beschichteten Versuchsteile sowie der Arbeiten zur Eigenherstellung des Pulvers beim Instandsetzer zu rechnen.

Während die Pulvereinschmelzung mit Laser noch weitere grundsätzliche Entwicklungsarbeiten erfordert, ist die Oberflächenhärtung durch Laser nach der Bereitstellung leistungsfähiger Laser durch die DDR-Industrie möglich.

3. Spachtelmassenauftrag

3.1. Wirkprinzip

Spachtelmassen sind plastisch verformbare Klebstoffe, die Füllstoffe zur Erhöhung ihrer Druckbelastbarkeit enthalten. Sie eignen sich damit für das Ausfüllen dickerer oder unregelmäßiger Klebfugen und zum Auftra-

Tafel 4. Rezepturen (R) für druckbelastbare Spachtelmassen [8]; MT Masseteile

R 1	100 MT Mökodur L 5001 100 MT Härter 11 10 MT Al-Puder 50 MT Quarzmehl
R 2	40 MT Epasol EP 6, Komponente A 10 MT Epasol EP 6, Komponente B 5 MT Al-Puder
R 3/4	100 MT Epilox A 20-00 oder Epilox T 20-20 12 MT DPTA oder 11 MT DPTA 275 MT Eisenpulver 35 MT Ballotini 18 MT Pudergraphit 11 MT Al-Puder 5 MT Silanhaftvermittler NV 1114
R 5	100 MT Epilox A 20-00 312 MT Eisenpulver 10 MT Al-Puder 12 MT DPTA
R 6	100 MT Epilox A 20-00 188 MT Ballotini 10 MT Al-Puder 12 MT DPTA
R 7	100 MT Epilox T 20-20 200 MT Eisenpulver 35 MT Ballotini 18 MT Pudergraphit 11 MT Al-Puder 5 MT Silanhaftvermittler NV 1114 11 MT DPTA

gen einer größeren Schichtdicke auf eine mechanisch vorherbehandelte und gründlich entfettete Verschleißfläche.

3.2. Technologische Parameter und Zusatzwerkstoffe

Als Klebstoffe werden in Spachtelmassen z. B. Epoxidharze Epilox A 20-00 bzw. Epilox T 20-20 in Verbindung mit Härter DPTA oder Härter 10-58 eingesetzt. Die Verbesserung der Druckbelastbarkeit des Klebstoffs, d. h. die Verringerung seines Fließverhaltens unter Belastung, ist durch Zusatz folgender spezieller Füllstoffe möglich [5, 6, 7]:

- Kreide
- Schiefermehl
- Quarzmehl (kristallin)
- Eisenpulver
- Rohgips
- Zement
- Porzellanmehl
- Mikroglasskugeln.

Dabei wird den Füllstoffen Zement und Eisenpulver ein besonders positiver Einfluß (Erhöhung der Druckbelastung) zugeordnet. Daneben bewirken Eisenpulver und z. B. Quarzmehl bei Zugabe zum Harz nur eine verhältnismäßig schwache Viskositäts-erhöhung, neigen aber zum Sedimentieren. Deshalb ist eine alleinige Zugabe zum Klebstoff oft nicht zweckmäßig.

Alle metallischen Füllstoffe, z. B. Eisenpulver und Aluminiumpulver, sowie auch das nichtmetallische Pudergraphit dienen zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit.

Silanhaftvermittler, z. B. Aminosilan NV 1114, werden zur Verbesserung der Haftung der Spachtelmasse zum Metall und der Haftung der Füllstoffe im Harz eingesetzt. Für druckbeanspruchte Verschleißstellen sind die in Tafel 4 angegebenen Rezepturen geeignet. Die Rezeptur R 5 zeigt das geringste Fließvermögen unter Belastung und ist daher für druckbeanspruchte Instandsetzungsstellen besonders zu empfehlen [8].

3.3. Anwendungsbeispiele

Mögliche Anwendungsbeispiele aus der

schadensbezogenen oder operativen Instandsetzung sind:

- Verbindung von Teilen, d. h. Einkleben von Lagern, Buchsen, Verschleißringen, Gewindeteilen
- Instandsetzung von Dichtflächen bzw. Raumfüllungen mit funktionell bestimmten Grenzflächen.

Für letzteren Fall werden die Rezepturen R 1 und R 2 speziell beim Instandsetzen verschlissener Lagergrundbohrungen an Kurbelgehäusen mit Hilfe von Paßwellen, also bei der Instandsetzung auf Originalmaß ohne mechanische Nacharbeit, angewendet. Die Instandsetzungskosten für ein Kurbelgehäuse des Motors 4 VD 14,5 betragen 56,50 M. Das sind rd. 2,5 % des Neuteilpreises von 2 334,50 M (Preiskatalog 1984).

3.4. Entwicklungstendenzen

Künftig kommt es darauf an, der Breitenanwendung der Platanwendung in der ETI zum Durchbruch zu verhelfen. Mit den vorhandenen allgemeingültigen technologi-

schon Unterlagen in Form von Verfahrenskennblättern, die für die KGL-Technik, das Wirbelsintern und Plastpulverstreuen [7, 9, 10] vorliegen, sind dazu gute Voraussetzungen gegeben. Diese Dokumentationen sind so zu nutzen, daß unter Beachtung der werkstoffspezifischen Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen der ökonomische Effekt der Plastechnik in der ETI voll erzielt wird.

Literatur

- [1] Brunner, W., u. a.: Wissenspeicher Lasertechnik. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1982, S. 337.
- [2] Handbuch der Anwendung für vorbeugende Unterhaltungsschweißung. Castolin-Eutectec-Institut (Schweiz) 1973.
- [3] Kretzschmar, E.: Bericht über Untersuchungsergebnisse an plasmabeschichteten FeCrC 800-Schichten. ZIS Halle, 1980.
- [4] Kastner, G.; Kulwatz, H.: Reiseberichte der IZ in die UdSSR 1982 und 1983.
- [5] Ludeck, W.: Handbuch der Kleb-, Gieß- und

Laminieretechnik, Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1979.

- [6] Kindermann, J.: Übersicht über einige nichtfaserige Produkte in ihrer Eigenschaft als Füllstoffe, insbesondere für Gießharze und Metallklebstoffe. die Technik, Berlin 25 (1970) 9, S. 597-600.
- [7] Puttscher, R.; Sugge, R.: Verfahrenskennblatt KGL-Technik. VEB PVB Charlottenthal 1981.
- [8] Puttscher, R.; Starkow, K.: Werkstoffvergleichsuntersuchungen an Spachtelmassen. VEB PVB Charlottenthal 1983 (unveröffentlicht).
- [9] Puttscher, R.; Sugge, R.: Verfahrenskennblatt Wirbelsintern. VEB PVB Charlottenthal 1981.
- [10] Puttscher, R.; Sugge, R.: Verfahrenskennblatt Plastpulverstreuen. VEB PVB Charlottenthal 1981.

A 4028

Anwendungsmöglichkeiten des außenstromlosen Vernickelns in der Einzelteilinstandsetzung

Ing. K. Tschackert, KDT

VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Wissenschaftlich-technisches Zentrum der landtechnischen Instandhaltung

Einleitung

Beschichtungsverfahren, besonders die zu hochverschleißfesten Schichten führenden Verfahren, finden wegen ihrer großen volkswirtschaftlichen Bedeutung international große Beachtung. Obwohl die Verfahrensentwicklung auf diesem Gebiet bei weitem noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden kann, stehen bereits heute ausgereifte und ökonomische Verfahren zu Verfügung, mit denen die Nutzungsdauer von neuen und instand gesetzten Einzelteilen gegenüber dem Ist-Zustand wesentlich verlängert werden kann. Viele mit diesen Verfahren aufgetragene Schichten bieten bereits bei geringerer Schichtdicke einen hervorragenden Verschleiß- und Korrosionsschutz. Dies ist besonders dann vorteilhaft, wenn die Verfahren mit teuren Stoffen, aufwendigen Anlagen und geringer Abscheidengeschwindigkeit arbeiten. Da bei der Instandsetzung von Einzelteilen infolge der meist erforderlichen Egalisierung des Verschleißes relativ dicke Schichten abgeschieden werden müssen, empfiehlt es sich, diese Verfahren in Verbindung mit billigen, die maßlichen Abweichungen im wesentlichen ausgleichenden Schichten einzusetzen. Von der Vielzahl der entwickelten Verfahren erlangten u. a. wegen des geringen Wärmeeintrags, der relativ guten Automatisierbarkeit und der Eigenschaften der abgeschiedenen Schichten auch die galvanischen Verfahren, besonders in Form der Fe- und Cr-Abscheidung, eine gewisse Bedeutung.

Einige wesentliche Nachteile, wie z. B. die Abhängigkeit der Schichtdickenverteilung von der sekundären Stromverteilung und die mehr oder weniger starke Minderung der Dauerfestigkeit, begrenzen jedoch

ihre Anwendbarkeit. Bei Teilen mit komplizierten Formen, Vertiefungen, Nuten, Bohrungen oder Innenflächen ist ihre Anwendung oft gar nicht oder nur bei aufwendigem Einsatz von Hilfs- und Formanoden sowie Blenden möglich. Eine Maßabscheidung ist nur in Ausnahmefällen möglich. Auch bezüglich der Anwendbarkeit für bestimmte Substrate, z. B. Nichtmetalle, bestehen Einschränkungen. Ebenso erfüllen die Schichteigenschaften nicht alle Anforderungen.

So befriedigen z. B. bei Fe-Schichten die Korrosions- und Verschleißbeständigkeit und bei Cr-Schichten die Ölbenetzbarkeit und die Notlaufeigenschaften nur bedingt. Mit der im folgenden beschriebenen außenstromlosen Vernickelung konnten einige wesentliche Nachteile der galvanischen Verfahren beseitigt werden.

Verfahren

Im Gegensatz zur galvanischen Abscheidung, wo die für die Reduktion der abzuscheidenden Metallionen erforderlichen Elektronen mit einem äußeren Strom zugeführt werden, erfolgt bei der außenstromlosen Abscheidung die Reduktion der abzuscheidenden Metallionen mit Elektronen, die durch Oxydation eines in der Beschichtungslösung enthaltenen Reduktionsmittels freigesetzt werden. Das außenstromlose Vernickeln ist deshalb unabhängig von der u. a. aus der Form der Einzelteile resultierenden sekundären Stromverteilung. Mit ihm können selbst auf kompliziert geformten Einzelteilen (Nuten, Bohrungen usw.) exakt den Konturen folgende Schichten mit einer sehr guten Schichtdickenverteilung abgeschieden werden (Bild 1). Für Schichtdicken bis 50 µm wird in der Literatur eine Schichtdickentole-

ranz von ± 0,5 bis 3 % angegeben. In den meisten Anwendungsfällen ist eine Maßabscheidung möglich und eine mechanische Fertigbearbeitung nicht erforderlich.

Das Verfahren ermöglicht die Abscheidung beliebig dicker Schichten, jedoch nimmt mit wachsender Schichtdicke die Schichtdickentoleranz und besonders bei nicht einwandfreier Filterung auch die Rauigkeit zu. Die Zusammensetzung der Beschichtungslösung wird so gewählt, daß die Oxydation des Reduktionsmittels und die Abscheidung der Metallionen nicht in der Lösung, sondern fast nur am katalytisch wirkenden Einzelteil bzw. an einer auf ihm abgeschiedenen Schicht autokatalytisch erfolgt. Katalytisch wirkende Metalle werden in der Beschichtungslösung sofort nach dem Reduktionsverfahren vernickelt. Auf allen anderen metallischen und nichtmetallischen Substraten müssen zunächst Ionen eines katalytisch wirkenden Metalls abgeschieden werden. Dies erfolgt bei Metallen, wie Eisen und Aluminium, durch einen in der Beschichtungslösung ablaufenden Ionenaustausch und bei edleren Metallen, z. B. Kupfer und Nickelstahl, durch einen katodischen Stromstoß oder ionen- und elektronenleitende Kontaktierung mit einem edleren Kontaktmetall. Nichtmetallische Substrate werden meist in einer Zinn(II)-Chloridlösung sensibilisiert und anschließend unter Abscheidung von Palladiumkeimen aktiviert. Legierungen verhalten sich i. allg. wie ihre Hauptkomponenten. So können z. B. Spezialstähle, Gußeisen, Messing, Bronze und Kupferlegierungen sowie verschiedene Aluminiumlegierungen ohne Probleme vernickelt werden. Als Reduktionsmittel werden vorwiegend Na-