

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 Abscheidegeschwindigkeit 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-

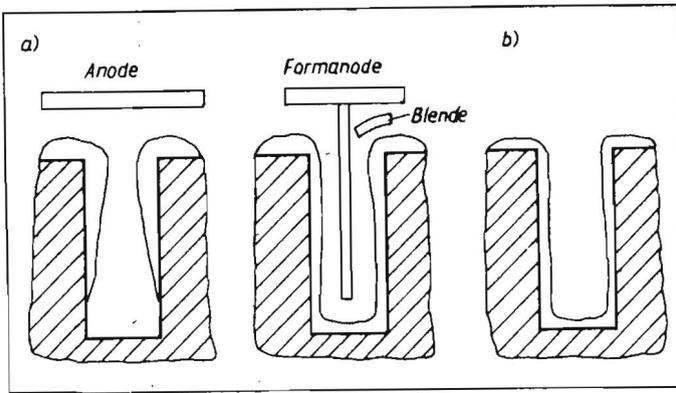


Bild 1
Schichtdickenverteilung;
a) bei galvanischer Abscheidung mit Hilfs- und Formanoden
b) bei außenstromloser Abscheidung

Tafel 1. Verfahrensparameter bei der außenstromlosen Vernickelung mit Natriumhypophosphit nach [1]

Arbeitstemperatur	97 ... 98 °C
pH-Wert	5 ± 0,2
Oberfläche-Volumen-Verhältnis	1 dm ² /l
Abscheidengeschwindigkeit ¹⁾	15 ... 23 µm/h
Nickelabscheidung je Ansatz	rd. 20 g/l

1) mit anderen Abscheidelösungen erreicht man bei 90 bis 95 °C Abscheidengeschwindigkeiten von 35 bis 50 µm/h

triumhypophosphit $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ und Natriumborhydrid $\text{Na}(\text{BH}_4)$ eingesetzt.

Je nach den benutzten Reduktionsmitteln enthalten die abgeschiedenen Nickelschichten neben Nickel Phosphor bzw. Bor. Die für die DDR vorgeschlagene Abscheidelösung, sie arbeitet mit Natriumhypophosphit, und die dafür optimalen Arbeitsbedingungen werden im Standard TGL 18723 wiedergegeben [1]. In Tafel 1 wurden die wichtigsten Verfahrensparameter der außenstromlosen Vernickelung mit einer Natriumhypophosphitlösung nach Standard TGL 18723 zusammengestellt.

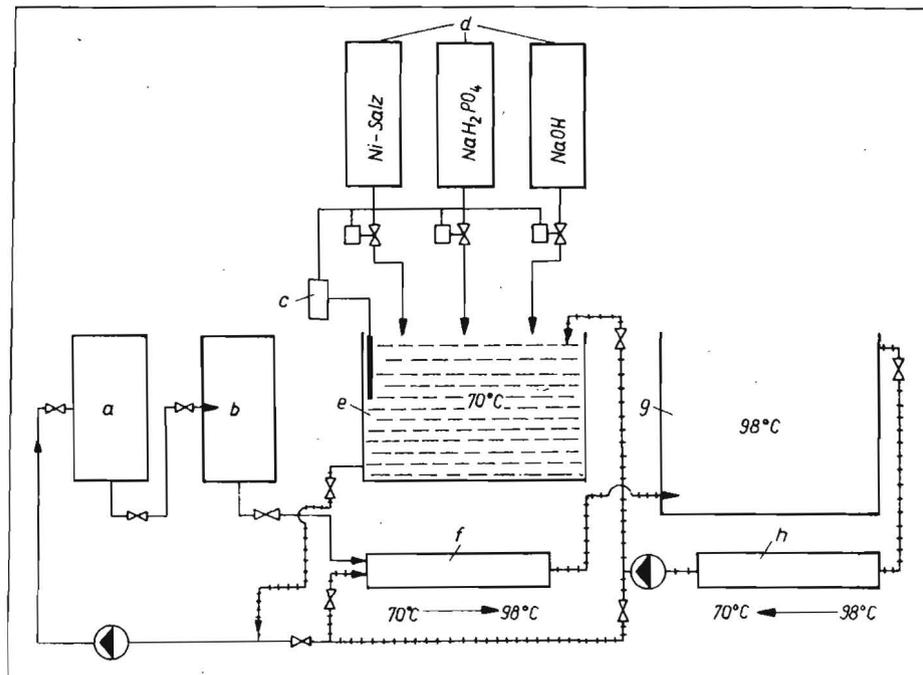
Da die Abscheidengeschwindigkeit die Beschichtungskosten wesentlich beeinflusst,

Tafel 2. Kostenvergleich verschiedener Beschichtungsverfahren

Schicht	Bad-auslastung %	Schicht-dicke µm	Kosten	
			M/cm ³	%
Fe	80	400	1,06	100
Fe	60	400	1,34	100
Cr	66	30	2,58	243 193
Ni-P	66	30	3,17	299 237

wurde intensiv nach Möglichkeiten zu ihrer Erhöhung gesucht. In Auswertung dieser Arbeiten kann zusammenfassend festgestellt werden, daß die Abscheidengeschwindigkeit und die Schichteigenschaften bedeutend über die Zusammensetzung der Lösung, Konstanthaltung der Konzentration und der Abscheidebedingungen, besonders von Temperatur und pH-Wert, beeinflusst werden können. Unter gewissen Bedingungen sind Abscheidengeschwindigkeiten von 50 µm möglich. Es ist jedoch zu beachten, daß viele Maßnahmen zur Erhöhung der Abscheidengeschwindigkeit die Instabilität der Lösung erhöhen. Über die Kosten des Verfahrens können z. Z. noch keine exakten

Bild 2. Schema einer außenstromlos (kontinuierlich) arbeitenden Vernickelungsanlage; a Aktivkohlefilter, b Filter, c pH-Wert-Meßeinrichtung, d Nachdosierbehälter, e Regenerierungs- und Reservebehälter, f Heizung, g Arbeitswanne, h Kühlung



Aussagen getroffen werden. Unter Zugrundelegung des vom Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaus „Karl-Marx-Stadt“ ermittelten Chemikalienbedarfs ergeben sich bei der Verwendung von technischem Natriumhypophosphit Chemikalienkosten von 1,277 M/cm³ abgeschiedenes Ni-P. Nur bedingt vergleichbare Kosten verschiedener Beschichtungsverfahren enthält Tafel 2.

Anlagen

Die außenstromlose Vernickelung wird vorwiegend in automatisch überwachten und gesteuerten Badanlagen durchgeführt. Der prinzipielle Aufbau einer mit Natriumhypophosphit arbeitenden Anlage wird im Bild 2 dargestellt.

Die unerwünschte Vernickelung von Anlagenteilen kann durch den Einsatz schwerer beschichtender Werkstoffe, z. B. Glas, Polypropylen, Emaille und besonders passivierter Cr-Ni-Stähle, Anlegen eines Schutzpotentials oder Abkühlung der Beschichtungslösung auf Temperaturen von 70 bis 75 °C wesentlich verzögert werden.

Bei mit Natriumhypophosphit arbeitenden Beschichtungslösungen, wie sie im Standard TGL 18723 enthalten sind, kann, um eine spontane Zersetzung der Lösung zu verhindern, die Nachdosierung der verbrauchten Chemikalien nur in die auf eine Temperatur < 75 °C abgekühlte Lösung erfolgen. Modernere Verfahren ermöglichen eine direkte Nachdosierung in die Arbeitswanne. Deshalb kann bei ihnen auf den energie- und materialaufwendigen Kühl- und Erwärmungskreislauf und einige weitere Anlagenteile verzichtet werden. Für die Konstanthaltung der Lösungszusammensetzung und die Steuerung der Nachdosierung werden meist elektrochemische pH-Wert-Meßeinrichtungen und seltene kolorimetrische Methoden, Dichtemessungen und elektronensensitive Elektroden eingesetzt. Großer Wert ist auf die Entfernung eingetragener Verunreinigungen des entstehenden Phosphits und der Nickelflitter zu legen. Dafür werden Anschwemm- und Aktivkohlefilter verwendet. Für die Entfernung des die Stabilität der Lösung und die Schichteigenschaften negativ beeinträchtigenden Phosphits kommen auch Fällverfahren und Ionenaustauscher zum Einsatz. Der Raumbedarf und der Investitionsaufwand für die außenstromlos arbeitenden Anlagen sind etwas höher als für vergleichbare galvanische Anlagen. Der Energieverbrauch dürfte bei modernen Beschichtungsverfahren etwa dem der galvanischen Abscheidung entsprechen. Bei Verwendung der Beschichtungslösung nach Standard TGL 18723 dürfte er etwas höher liegen.

Arbeitsablauf

Die Vorbehandlung der Werkstofffläche wird wie vor der galvanischen Abscheidung vorgenommen. Bei Aluminium kann in einigen Fällen auf die bei der galvanischen Abscheidung erforderlichen Zwischenschichten verzichtet werden. Die Abdeckung der nicht zu vernickelnden Flächen bereitet wegen der hohen Arbeitstemperatur einige Schwierigkeiten. In Fällen, wo eine Gesamtvernickelung der Einzelteile erfolgen kann, hält man eine Abdeckung bis zu Schichtdicken von 30 µm für unwirtschaftlich [2]. Kleinteile können in Trommeln, Behältern, Rohrleitungen u. ä. durch Umpumpen der Lösung vernickelt werden. Da alle Flächen mit gleicher Geschwindigkeit beschichtet werden,

Tafel 3. Wichtigste Eigenschaften der Ni-P-Schicht nach [3]

Zusammensetzung	90 ... 94 % Ni; 6 ... 10 % P
Dichte	8,0 g/cm ³
Schmelzpunkt	1 158 K
Wärmeausdehnungskoeffizient	12 · 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Elastizitätsmodul	196 200 MPa
Härte	
- Abscheidungszustand	rd. 500 HV _{0,1}
- wärmebehandelt	rd. 1 150 HV _{0,1}
Dehnung	
- Abscheidungszustand	2,2 %
- wärmebehandelt	2,5 ... 4,0 %
Haftfestigkeit	
- auf Stahl	390 MPa
- auf Aluminium	100 ... 250 MPa
innere Spannung (Druckspannung)	10 ... 40 MPa
Zugfestigkeit	
- Abscheidungszustand 4 % P	390 MPa
- Abscheidungszustand 7 % P	740 MPa
- wärmebehandelt (2 h bei 1 023 K)	690 MPa 490 MPa
spezifischer elektrischer Widerstand	60 · 10 ⁻⁶ Ω · cm
Wasserstoffaufnahme des Substrats	gering
Porigkeit	gering
Korrosionsbeständigkeit	gut
Erosions- und Kavitationsbeständigkeit	gut
Verschleißbeständigkeit	gut

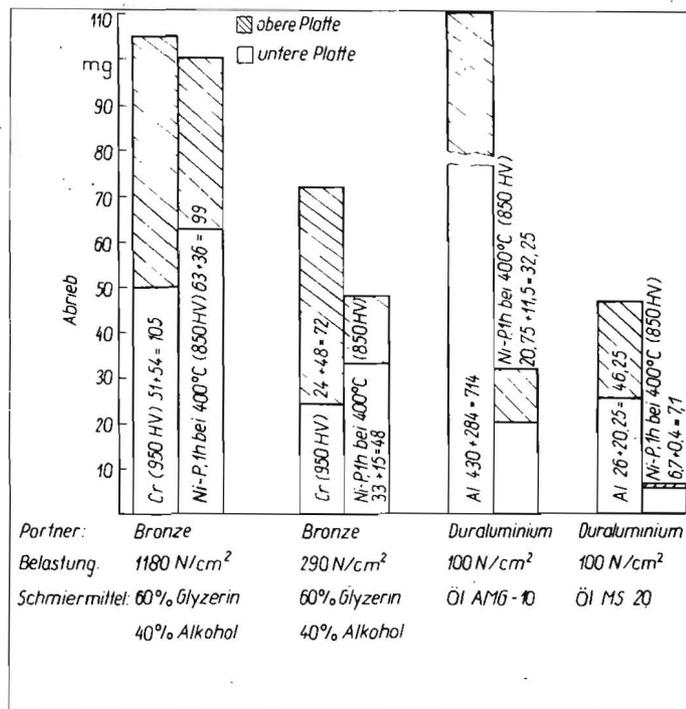


Bild 3. Verschleiß von Bronze und Aluminium bei Paarung mit außenstromlos beschichtetem (Ni-P) Aluminium sowie Chrom und Aluminium (Werte nach Visenkov [5]); Prüfstand Platte-Platte, Versuchsdauer 25 h

können für die Überwachung der Schichtdicke in die Arbeitswanne eingehängte Probebleche benutzt werden. Eine Unterbrechung der Vernickelung, d. h. ein Herausheben der Einzelteile und späteres Wiedereinhängen, führt nicht zu Störungen. Die anschließende Wärmebehandlung der Schicht braucht nicht unter Schutzgas vorgenommen zu werden. Anlauffarben, die bei Verschleißschuttschichten ohnehin kaum stören, entstehen erst bei Temperaturen über 290 °C.

Schichteigenschaften

Die Eigenschaften der mit einer Lösung nach Standard TGL 18723 abgeschiedenen Schichten können Tafel 3 entnommen werden. Durch Variierung der Beschichtungslösung und der Abscheidebedingungen sowie einer Wärmebehandlung der Ni-P-Schicht (Ausscheidungshärtung) können die Schichteigenschaften (z. B. Härte, Verschleißfestigkeit, Haftfestigkeit) innerhalb eines weiten Bereichs und mit enger Toleranz gezielt verändert werden. Ni-P-Schichten können allgemein als sehr verschleiß-, erosions-, kavitations- und korrosionsbeständig bezeichnet werden. Sie zeichnen sich ferner durch gute Haftfestigkeit, geringe Porigkeit und gegenüber Chrom durch eine bessere Benetzbarkeit durch Schmierstoffe aus. Nachteilig ist ihre relativ hohe Sprödigkeit. Die Verschleißfestigkeit von Dispersionsschichten, deren Abscheidung jedoch wesentlich komplizierter ist, erreichen sie nicht.

Über das Paarungsverhalten der Ni-P-Schichten gibt Tafel 4 Auskunft. Daraus ist ersichtlich, daß Ni-P-Schichten eine gute Schmierung erfordern, da sie sonst zum „Fressen“ neigen. Günstige Lagerwerkstoffe für Ni-P-Schichten sind Weißmetalle, Kupfer-Zinn-Legierungen und Rotguß [3]. Die in der Literatur zum Verschleißverhalten von Ni-P-Schichten getroffenen Aussagen basieren fast ausschließlich auf Verschleiß-

prüfstandsuntersuchungen. In Auswertung der Untersuchungen von Visenkov [5] – er untersuchte im Gegensatz zu den meisten anderen Autoren das Verschleißverhalten geschmierter Paarungen – kann zusammenfassend folgendes festgestellt werden (s. a. Bild 3):

- Nicht wärmebehandelte Ni-P-Schichten eignen sich nicht als Verschleißschuttschichten. Sie versagen bereits bei einer Belastung mit 1,0 MPa (Mikrorisse, Abbröcklungen), während wärmebehandelte Schichten bei 42 MPa noch keine Schäden zeigen.
- Durch Wärmebehandlung kann die Härte und Verschleißfestigkeit der Ni-P-Schichten wesentlich erhöht werden. Der geringste Verschleiß ergibt sich wegen der eintretenden Versprödung nicht bei maximaler Härte. Als günstig erwies sich eine einstündige Wärmebehandlung bei 350 bis 400 °C.
- Bezogen auf Chrom verringert sich bei Paarungen mit Ni-P-Schichten der Verschleiß der aus Bronze, Aluminiumlegierungen, Grauguß oder Stahl bestehenden Gegenkörper.

- Die Verschleißbeständigkeit von Aluminiumlegierungen kann durch Ni-P-Schichten wesentlich erhöht werden.

In [6] wird über Versuche berichtet, die mit außenstromlos vernickelten Graugußkolbenringen (Stirnseite und Flanken) auf Verschleiß- und Motorenprüfständen sowie mit in der Praxis betriebenen Traktorendieselmotoren durchgeführt wurden. Alle 3 Erprobungsvarianten ergaben übereinstimmend die in Tafel 5 ausgewiesenen Ergebnisse. Wojdak [7] ermittelte bei Prüfstand- und Praxisversuchen mit Traktoren für die Paarung Zylinder (Stahl LH 12) und Kolben (Stahl LH 12), die durch chemisch abgeschiedenes Ni-P instand gesetzt wurden, einen um rd. 35 % geringeren Verschleiß als bei der Originalpaarung.

Anwendung

Aus ökonomischen und volkswirtschaftlichen Gründen (Importe) kann das Verfahren nur dort eingesetzt werden, wo der gewünschte Effekt mit relativ dünnen (8 bis 40 µm) Schichten erreicht wird. Von den Parametern des Verfahrens ausgehend sollte das außenstromlose Vernickeln vor allem

Tafel 4. Gleitreibungskoeffizient einiger Ni-P-Paarungen nach Colin [4] und zu bevorzugende Ni-P-Paarungen

Paarung	Gleitreibungskoeffizient	
	trocken	geschmiert
Ni-P-Schicht / Ni-Metall	Fressen	0,26
Ni-P-Schicht / Ni-P-Schicht	0,45	0,25
Ni-P-Schicht / Cr-Metall	0,43	0,30
Ni-P-Schicht / Stahl	0,38	0,21
Ni-P-Schicht / Grauguß	0,16	0,08
Cr-Schicht / Stahl	0,21	0,15
Stahl / Stahl	Fressen	0,20
Ni-P/Stahl	besser als	Stahl/Stahl
Ni-P/Bronze	besser als	Chrom/Bronze
Ni-P/Grauguß	besser als	Chrom/Bronze
Ni-P/Al-Legierung	besser als	Al-Legierung/Al-Legierung
Ni-P/Stahl	schlechter als	Chrom/Stahl

Tafel 5. Kolbenring-, Gleitbuchsen- und Ringnutverschleiß bei Verwendung von Graugußkolbenringen sowie mit Ni-P (Flanken und Stirnseite) bzw. Cr (nur Stirnseite) beschichteten Graugußkolbenringen nach [6]

Buchsenverschleiß (Grauguß)		
Paarung mit Ni-P-Ring		40 µm
Paarung mit Cr-Ring		60 µm
Ringverschleiß		
Radialdicke	Ringhöhe	
Grauguß-Ring	rd. 175 µm	–
Ni-P-Ring	50 µm	10 µm
Cr-Ring	40 µm	30 µm
Ringnutverschleiß (Al-Kolben)		
Ni-P-Ring		5 µm
Cr-Ring		20 µm

dort eingesetzt werden, wo komplizierte geformte Einzelteile zu beschichten sind, der Fortfall der mechanischen Fertigbearbeitung wesentliche Vorteile bringt und Substrate beschichtet werden müssen, die mit anderen Verfahren gar nicht oder nur unter hohem Aufwand beschichtet werden können. Hinsichtlich der Schichteigenschaften bietet sich das Verfahren für Fälle an, wo neben der Verschleißbeanspruchung noch mit Kor-

rosion, Kavitation oder Erosion gerechnet werden muß bzw. wo eine Verringerung des Verschleißes beim Gegenkörper wesentliche Vorteile bringt. Einschränkungen ergeben sich aus der relativ hohen Sprödigkeit der Ni-P-Schichten (keine Einsatzmöglichkeit bei schlagender und linienförmiger Belastung).

Tafel 6 enthält die Übersicht über einige Teile, die außenstromlos vernickelt werden. Unter Berücksichtigung der Verfahrensparameter, der Schichteigenschaften und der Ökonomie ist zu erwarten, daß das Verfahren bei folgenden Einzelteilen Vorteile bringt:

- Einzelteile, deren Vernickelung zu einer den Aufwand rechtfertigenden Verlängerung der Nutzungsdauer der Baugruppe führt (Beseitigung von Schwachstellen)
- verschlissene Einzelteile mit noch ausreichender Dauerfestigkeit, die durch Abscheidung relativ dünner Ni-P-Schichten instand gesetzt werden können (z. B. Einspritzpumpelemente).
- verschlissene Einzelteile, bei denen der Verschleiß vorher durch Abscheidung billigerer Schichten (z. B. galvanisches Eisen) im wesentlichen beseitigt wurde und ein Verschleiß- und Korrosionsschutz sinnvoll ist
- Einzelteile, die neben einer Verschleißbeanspruchung der Korrosion, Erosion oder Kavitation ausgesetzt sind
- Einzelteile mit komplizierten Formen, Nuten, Bohrungen, Verzahnungen, Innenflächen und allgemein starker Profilierung

Dieseleinspritzpumpelemente
Kraftstoffleitungen
Kraftstoffdüsen
Kolben von Kraftstoffpumpen
Pumpenteile (Gehäuse, Laufräder)
Kolben von Dieselmotoren (Schiffsdiesel)
Ringnut von Dieselmotorenkolben
Kolbenbolzen
Kolbenringe
Zylinderleitbuchsen
Kompressorenzylinder
Bremszylinder
Förderschnecken
Dichtflächen
von Aluminium-Gehäusen
Kugellagergehäuse
Rollen- und Nadellager

Hydraulikteile (Zylinder, Kolbenstangen, Ventil, Steuerblöcke, Steuergehäuse)
Kolbenstangen für Stoßdämpfer
Wellen
Kurbelwellen
Nockenwellen
Kipphebelwellen (Motor D-54)
Schaltwellen
Gelenkgabeln
Synchronringe für Getriebe und andere Getriebeteile
Zahnräder
Führungsbuchsen
Auspuffanlagen
Kreuzgelenke
Spinndüsen

Tafel 6
Anwendungsbeispiele für die außenstromlose Vernickelung mit Natriumphosphit

- Einzelteile, die aus Substraten bestehen, die mit anderen Verfahren gar nicht oder nur mit hohem Aufwand beschichtet werden können (z. B. Aluminium, Plaste)
- Einzelteile, die schwer mechanisch bearbeitbar sind (z. B. Förderschnecken)
- Einzelteile, die anschließend galvanisch mit Eisen beschichtet werden, um die Verbundstabilität durch Ni-Diffusion zu erhöhen.

Die Literatur gibt eine Vielzahl von Quellen wieder, die sich mit der Anwendung des Verfahrens der Beschichtung von Einzelteilen beschäftigen [2, 5, 7, 8]. Für die Instandsetzung von Einzelteilen oder die Erzeugung von Verschleißschutzschichten findet das Verfahren des außenstromlosen Vernickelns in der DDR bisher noch keine großtechnische Anwendung. In stark vereinfachter Form kann die chemische Vernickelung auch unter den Bedingungen eines VEB KfL oder Landwirtschaftsbetriebs für die Beschichtung eines z. B. für die operative Schadensbeseitigung dringend benötigten kleineren Einzelteils Anwendung finden. Voraussetzung ist jedoch, daß die erforderliche mechanische Bearbeitung durchgeführt werden kann und die in diesem Fall höheren Instandsetzungskosten gerechtfertigt sind.

Literatur

- [1] TGL 18723 Chemisches Vernickeln. Ausgabe Dez. 1980.
- [2] Gawrilow, G. G.: Chemisches (stromloses) Vernickeln. Saulgau: Verlag Eugen G. Lauze 1974.
- [3] Tschackert, K.: Außenstromloses (chemisches) Vernickeln, VEB Rationalisierung LTI Neuenhagen, BT Charlottenthal, Studie 1980 (unveröffentlicht).
- [4] Colin, M.: Die stromlose Vernickelung: katalytische Nickelabscheidung nach dem Kanigen-Verfahren. Galvanotechnik, Saulgau 57 (1966) 3, 158–167.
- [5] Visenkov, S. A.: Chemische und elektrochemische Verfahren zum Abscheiden von Metallüberzügen. Moskau: Mašinostroenie 1975.
- [6] Gonšarenko, V.; Cikin, V.: Chemisches Vernickeln von Graugußkolbenringen. Technika v sel'skom choz., Moskva 32 (1972) 2, 76–77.
- [7] Wojdak, J.: Instandsetzung von Maschinenelementen durch chemische Überzüge. Akademie für Landwirtschaft Szczecin, Habilitationsschrift 1983.
- [8] Gorjainow, W.: Neue Verfahren für chemisches Nickel. Presse der 'SU, Berlin (1984) 2, S. 30 und Ekonomičeskaja gazeta, Moskau (1983) 52.

A 4172

Jetzt in dritter, stark bearbeiteter Auflage:

Nutzfahrzeuge



Von Ing. Peter Witt. 248 Seiten, 285 Bilder, 7 Tafeln, Kunstleder, 22,- M. Auslieferung durch den Fachbuchhandel. Bestellangaben: 553 309 7/Witt, Nutzfahrzeuge.

Die Auflage berücksichtigt den gegenwärtigen Stand des Nutzfahrzeugbaus und die damit zusammenhängenden Transporttechnologien. Besondere Beachtung fanden neue Methoden zur Transportrationalisierung, Leichtbautendenzen, Entwicklungen zur Kraftstoffsenkung und zur Erhöhung der Grenznutzungsdauer.