

Entwicklungstendenzen in der Instandhaltung von Einzelteilen

Dr.-Ing. J. Stibbe, KDT/Ing. G. Kastner, KDT/Dipl.-Ing. E. Forkel, KDT/Dipl.-Ing. R. Puttscher, KDT/Ing. H. Kulwatz, KDT VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Wissenschaftlich-technisches Zentrum der landtechnischen Instandhaltung

1. Analyse des Istzustands und daraus abgeleitete Ziel- und Aufgabenstellung

Die Entwicklung der Einzelteilinstandsetzung (ETI) hat in den letzten Jahren einen bedeutenden Grad der Planmäßigkeit erreicht. Das zeigt sich u. a. auch darin, daß der Ersatzteilverbrauch seit dem Jahr 1983, wie Lietz [1] darlegte, zu 38 % durch die Regenerierung gedeckt werden kann. Dafür wurden im DDR-Maßstab den Praxisanforderungen weitgehend gerecht werdende Organisationsformen, wie Betriebe, Abteilungen, Meisterbereiche und einzelne Arbeitsplätze der ETI geschaffen. Das Aufarbeitungssortiment hat sich in den letzten 10 Jahren verdoppelt und im Jahr 1983 einen Umfang von 3 816 Positionen erreicht. Das zeugt von einer intensiven Sortimentserweiterung, die aber weder nach Instandsetzungstückzahlen noch nach Instandsetzungswürdigen Einzelteilpositionen als abgeschlossen angesehen werden kann. Die Erhöhung des Sortiments, besonders für figurale Einzelteile, ist möglich durch

- einen wachsenden Anteil für die Regenerierung in Frage kommender Einzelteile aus der operativen und schadbezogenen Instandsetzung der VEB KfL, LPG, VEG und ACZ
- die Einbeziehung bisher noch nicht erfaßter Schadensarten an Einzelteilen aus neuen Baugruppen der mobilen Landtechnik, aus den Anlagen der Tierproduktion und der Forsttechnik, besonders auch mit erhöhter Konstruktionsnutzungsdauer (Dauerteile).

Die Sortimentserweiterung darf nicht losgelöst vom System der Erfassung und Rückführung der Einzelteile betrachtet werden. Auch hier ist eine Entwicklung notwendig, die z. B. beinhaltet:

- Ausbau und Festlegung von vorhandenen und neuen Versorgungswegen, nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Minimierung des Transportaufwands, sondern auch der bedarfsgerechten Versorgung
- Festlegung eines erweiterten zirkulationswürdigen, dem Bedarf entsprechenden Sortiments der Instandsetzungsteile und der notwendigen Instandsetzungsbetriebe
- Durchsetzung des einheitlichen Systems der Planung und Abrechnung der ETI sowie gemeinsame Erfassung von Neu- und Instandsetzungsteilen im Prozeß der Planung und Verteilung.

Dabei kann eine Erhöhung des Gesamtumfangs der ETI in der landtechnischen Instandsetzung nur unter dem Gesichtspunkt der Qualitätsverbesserung und der Nutzungsdauererhöhung gesehen werden. Neben dem Zuwachs der ETI aus der Sortimentserweiterung ist auch eine Zunahme aus der Effektivitätssteigerung in der Aufarbeitung und in der mechanischen Bearbeitung zu erwarten. Gegenwärtig werden in

der betrieblichen und spezialisierten ETI folgende Verfahren angewendet. [2]:

- Verfahren der Schweiß- und Metallspritztechnik
- Verfahren der Plasttechnik
- Verfahren der Galvanotechnik
- Verfahren der mechanischen Bearbeitung und Umformung.

Die bekannten verfahrenstechnischen Lösungen werden differenziert gehandhabt. War in früheren Jahren mehr der Trend zur Spezialisierung, d. h. zur Schaffung spezialisierter Betriebe der ETI oder auch sog. Fließlinien (z. B. Kurbelwelleninstandsetzung, Pleuelinstandsetzung durch galvanische Eisenauftragung, Instandsetzungseinheiten für rotationssymmetrische Einzelteile) zu verzeichnen, so orientiert man gegenwärtig vielerorts, bedingt durch die Transport- und Energieprobleme, auf die Instandsetzung von Einzelteilen nach dem Werkstattprinzip, d. h. mit handwerklichen Methoden. Das dürfte in vielen Fällen nicht den Forderungen an die Qualitäts- und damit an die Nutzungsdauersicherung entsprechen. Bereits durch Opitz [3] wurde im Jahr 1981 nachgewiesen, daß das von ihm untersuchte und für VEB KfL repräsentative Sortiment instandgesetzter Einzelteile in der Mindest- und zentralen Grenznutzungsdauer (GND) im Mittel nur 92 bzw. 89 % der Werte neuer Einzelteile erreicht. Zwischenzeitlich deutet die Erhöhung der Reklamationsquote bis zu 20 % auf eine weitere Reduzierung der Standzeit instandgesetzter Einzelteile (IET) hin. Außerdem muß noch erwähnt werden, daß bei Abnahme der Überlebenswahrscheinlichkeit für IET von 0,9 auf 0,5 eine Erhöhung der Instandsetzungshäufigkeit von 33 % und damit eine Erhöhung der relativen Gesamtmaterialkosten von 26 % zu erwarten ist. Deshalb sollte jede Instandsetzungsmaßnahme nicht nur aus betriebswirtschaftlicher Sicht, sondern auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet werden.

Die weitere Entwicklung der ETI muß geprägt sein durch:

- Erhöhung des Umfangs und hauptsächlich der Qualität der ETI auf der Grundlage bekannter Technologien, Ausrüstungen, Vorrichtungen und Werkzeuge
- Entwicklung und Einsatz effektiver Verfahren, um das Sortiment der Einzelteile auf der Basis der Mechanisierung und Automatisierung zur Erhöhung der Nutzungsdauer und Senkung der Instandsetzungskosten zu vergrößern.

Die Durchsetzung vorhandener Lösungen verlangt die Schaffung der dafür erforderlichen materiell-technischen Basis auf der Grundlage von Typenprojekten und -konstruktionen. Die ausgewählte bekannte verfahrenstechnische Lösung hat bei exakter Einhaltung das Qualitätsniveau der IET entsprechend ihren Funktions- und Zuverlässigkeitsanforderungen zu garantieren, d. h. eine zentrale GND $\geq 80\%$ der GND fabrikneuer Einzelteile (NET). Dieses Qualitätsniveau

nicht garantierende verfahrenstechnische Lösungen sind unzulässig. Daraus leiten sich folgende Prämissen für effektivere Lösungen ab:

Entwicklung und Einführung von prinzipiell neuen Verfahren der ETI, um die völlige Wiederherstellung der Betriebstauglichkeit Nutzungsdauerbestimmender Einzelteile zu gewährleisten (zentrale GND IET $\geq 100\%$ der GND NET). Dabei haben diese Verfahren zu garantieren:

- Variabilität der aufzutragenden Schichtdicken (z. B. durch Lichtbogenmetallspritzen, Widerstands-Rollnaht-Beschichten oder Plastpulverstreuen)
- Erhöhung der Verschleißfestigkeit der Auftragschichten, um die zentrale GND bei Einzelteilen, die für die GND der Gesamtmaschine von Bedeutung sind, zu steigern (z. B. Hauptverschleißteile des Motors, wie Kurbelwelle, Zylindergleitbuchse und Kolbenringe)
Dazu ist die Einführung von Verfahren und Anlagen, die den Auftrag dünner Schichten mit höherer Verschleißfestigkeit als bei NET garantieren (z. B. Metallpulver entsprechender Zusammensetzung), oder die Behandlung und Veredlung der Auftragschichten (z. B. durch Laser) erforderlich.
- qualitative Verbesserung der gegenwärtig angewendeten verfahrenstechnischen Lösungen durch technologische Veränderungen (z. B. bei galvanischer Eisenauftragung zur positiven Beeinflussung der Auftragschicht) oder Schaffung von Alternativlösungen (z. B. Ablösung des Epoxidharzauftrags durch Polyamidbeschichtung, um die Schlagzähigkeit und Verschleißfestigkeit zu erhöhen).

Schaffung eines Baukastensystems von Aufarbeitungs- und Bearbeitungsmaschinen, basierend auf Angeboten der Industrie mit entsprechender Angleichung an die Belange und Anforderungen der landtechnischen Instandsetzung (z. B. Typenlösung Lichtbogenmetallspritzen, die den Umweltauflagen nach Lärmpegel ≤ 80 dB genügt).

2. Analyse instandsetzungswürdiger Funktionsstellen und Einzelteile

Die Sortimentserweiterung in der Aufarbeitung von bisher ungelösten bzw. verfahrenstechnisch verbesserungsbedürftigen Funktionsstellen an Einzelteilen der mobilen und stationären Land- und Forsttechnik umfaßt:

- *Bohrungen* aller Art, z. B. in Zylindergleitbuchsen (Gleitfläche), Bremstrommeln (Reibfläche) und Kolben (Auge); Grundlagerbohrungen oder Lagerbohrungen und Sitze von Gehäusen oder Teilen aus Gußeisen bzw. Al-Gußlegierung; Präzisionsbohrungen an Hydraulik- und Pneumatikteilen
Kriterien für die Realisierung sind die Größe der Bohrung und die vorliegende Beanspruchungsart.

- *wälzbeanspruchte Verschleißstellen*, wie Nadellagergleitflächen an Wellen und in Bohrungen
Bedingung für die Aufarbeitung ist die notwendige Verschleißfestigkeit der Auftragschicht gegen die walkende linien- oder punktförmige Beanspruchung. Die Auftragschweißung ist meist nicht anwendbar, da oft benachbarte verzugempfindliche Funktionsstellen, wie z. B. Zahnräder, vorliegen.
- *verschlossene Funktionsstellen von Präzisionsteilen* aus Hydraulik- und Pneumatikanlagen, z. B. Düsenadeln oder Einspritzpumpenplunger
Hier ist eine Dünnschichtauftragung hoch verschleißfester Schichten im Mikrometerbereich (0,001 bis 0,01 mm) erforderlich.
- *abrasiv beanspruchte Teile der Bodenbearbeitungswerkzeuge*, z. B. Pflugschare, Bodenmeißel, Grubberzinken, Krähfüße, Schneiden von Schiebeschilfern
Die Instandsetzung, handwerklich und spezialisiert durchgeführt, hat Standzeiten wie bei NET zu garantieren.
- *ballige und kugelige Stellen* oder Bahnen, wie sie z. B. bei Kipphebeln, Pilzstößeln, Stößelstangen, Kugelköpfen, Wälzlagern, Nocken, aber auch bei kugeligen Bohrungen auftreten
Das Problem dabei ist weniger die Beschichtung, sondern mehr die mechanische Bearbeitung, die für eine qualitätsgerechte ETI spezielle Vorrichtungen oder Maschinen erfordert.
- *kegelige Stellen*, z. B. an Ventilen, Ventilsitzen, Keilriemenscheiben, Schiebern von Armaturen
- *Naben* mit Zahn-, Keil- und Kerbprofilen
- *Gleitlagerbuchsen* und -lagerschalen
- *Teile*, die durch *Erosion*, *Korrosion*, *Kavitation* und kombinierte Bedingungen beansprucht werden, z. B. aus landtechnischen Anlagen oder aus dem Kühlsystem von Verbrennungsmotoren
- *Zahnwellenprofile* sowie *Zahn- und Kettenräder*, deren Instandsetzung begonnen hat, aber zu erweitern ist.

Die Vielfalt der angeführten Oberflächenformen und Beanspruchungsarten erfordert nicht nur neue Auftragwerkstoffe und Beschichtungstechniken, sondern auch neue Bearbeitungsverfahren. Bedingung für die Lösung ist jedoch die genaue Kenntnis der vorliegenden tribologischen Beanspruchungen. Danach sollte eine verschleißschutzgerechte Auftragschicht ausgewählt bzw. entwickelt werden.

3. Effektivere Verfahren der Instandsetzung von Einzelteilen

Der große volkswirtschaftliche Vorteil der ETI gegenüber der Neuteilfertigung besteht in der Einsparung an Material von 25 bis 50 % und an Energie von 10 bis 50 % [4]. Das gilt nur unter der Bedingung, daß die Überlebenswahrscheinlichkeit des IET annähernd der des NET entspricht. Diese Bedingung wird vorwiegend durch das Regenerierungsverfahren und die Einhaltung der technologischen Vorschriften beeinflußt. Auf einige perspektivische Entwicklungstendenzen der progressiven Weiterentwicklung bzw. Neueinführung effektiverer Verfahren der ETI wird nachfolgend eingegangen.

3.1. Schweiß- und Metallspritztechnik

In der Schweiß- und Metallspritztechnik ist künftig mit der Anwendung von pulverförmigen Werkstoffen, der Dünnschichtauftragung und Oberflächenveredlung zu rechnen. Dieser Entwicklungstrend wird sich in allen Instandsetzungsbereichen abzeichnen.

Bei Zusatzwerkstoffen ist zunehmend die Eigenherstellung und damit die NSW-Ablösung von Schweiß- und Spritzdrähten zu verzeichnen. Der Grad der Mechanisierung und Automatisierung an Auftragschweiß- und Metallspritzanlagen wird zunehmen.

3.1.1. Flampulverspritzen

Das Flampulverspritzen mit exothermer Reaktion ist als handwerkliches Verfahren für eine Breitenanwendung zur Instandsetzung von Fest-, Gleitlager- und Dichtsitzen in den unteren Instandsetzungsebenen geeignet [5]. Bei der Pulverbeschichtung wird zunächst ein Haftgrund- und anschließend ein Verschleißschutzspritzen durchgeführt. Die realisierte Schichtdicke beträgt $\leq 1,5$ mm, die Auftragleistung ≥ 60 cm²/min, und die Härte ist variierbar bis 360 HB₃₀.

3.1.2. Laseranwendung

Dazu gehört der Metallpulverauftrag auf höchstbelastete Dichtflächen mit anschließendem Einschmelzen mit Hilfe eines Lasers, um benachbarte Stellen nicht thermisch zu beeinflussen [5]. Dieses spezielle Verfahren ist in oberen Instandsetzungsebenen für die Dünnschichtauftragung an Steuerschiebern und Dichtkegeln der Hydraulik, Kolbenringen und Ventilen von Verbrennungsmotoren sowie für die Oberflächenhärtung lichtbogen-gespritzter Kurbelwellen geeignet. Die realisierbare Pulverschichtdicke beträgt 300 µm, die Einschmelzgeschwindigkeit 0,63 bis 24 m/min, die Eindringtiefe bei Laserhärtung 0,3 mm, und die Standzeit erhöht sich gegenüber gehärtetem Stahl auf das 2- bis 3fache.

3.1.3. Widerstands-Rollnaht-Beschichten

Das Widerstands-Rollnaht-Beschichten ist für die zentrale ETI von Gleit- und Festlagersitzen, künftig auch von Nadellagersitzen, einzusetzen. Vorteilhaft gegenüber dem MAG-Auftragschweißen sind die Variation der Schichtdicke bis zu 1 mm (perspektivisch 1,5 mm erforderlich), keine thermische Beeinflussung angrenzender Funktionsstellen und die um rd. 50 % höhere Auftragleistung (rd. 20 cm²/min) [6]. Im Perspektivzeitraum sind die Mechanisierung der Blechzufuhr und der Aufbau der Anlagen aus DDR-Baugruppen vorgesehen.

3.1.4. Lichtbogenmetallspritzen

Das Lichtbogenmetallspritzen ist als automatisierbares Verfahren für die zentrale Regenerierung von Gleit-, Fest- und Simmeringsitzen an rotationssymmetrischen Einzelteilen und Bohrungen geeignet [2]. Vorteilhaft sind das Verspritzen von Drähten unterschiedlicher Güte (Härte), die Variation der Schichtdicke bis zu 5 mm, Auftragleistungen von 38 cm²/min (MAG-Auftragschweißen 14 cm²/min), keine thermische Beeinflussung des Substrats.

Perspektivisch ist an der Automatisierung, an der Verbesserung der Spritzpistole und an der Reduzierung des Lärmpegels auf ≤ 80 dB zu arbeiten.

3.2. Plasttechnik

Von dem ökonomischen Nutzen aus der Anwendung plasttechnischer Verfahren entfallen 87 % auf die Kleb-, Gießharz- und Laminierertechnik (KGL-Technik) und 13 % auf die Verfahren Wirbelsintern, Plastflammspritzen und Pulverstreuen. Daraus ergibt sich für die KGL-Technik der Vorrang in der Entwicklungsarbeit.

Ausgehend von den gegenwärtigen Anwendungsbeispielen und verarbeiteten Zusatzwerkstoffen läßt sich eine Vielzahl von Entwicklungsforderungen an Plastwerkstoffe ableiten [7]:

- Haftung auf Oxidschichten ohne Festigkeitseinbuße
- Erreichen von Unempfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen der Klebflächen durch Öle oder Fette ohne mangelndes Alterungsverhalten
- Beibehaltung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften und Verschleißfestigkeit bis zu einer Temperatur von 470 K
- Verbesserung der Druckfestigkeit und Verringerung des abrasiven Verschleißes bei Gleitlagerung
- Reduzierung der Aushärtezeit auf < 1 h, um Energie einzusparen.

Durch die Realisierung dieser Entwicklungsforderungen sollen folgende Ziele erreicht werden:

- Innerhalb der KGL-Technologie kann im wesentlichen auf mechanische Vorbehandlung sowie Entfettungsvorgänge verzichtet werden. Als einzige Oberflächenvorbehandlung ist bei sehr verschmutzten Teilen ein grobes Abreiben mit einem trockenen Tuch erforderlich.
- Verbesserte Verschleißfestigkeit plastisch beschichteter rotationssymmetrischer Einzelteile sowie erhöhte Temperaturbeständigkeit führen zu vergrößerten Standzeiten und ermöglichen die Sortimenterweiterung

3.2.1. Klebstoff Epasol FV/ZIS 939

Die Realisierung der o. g. Entwicklungsforderungen in der KGL-Technik ist mit dem Klebstoff Epasol FV/ZIS 939 möglich. Ergebnisse von Zugscheruntersuchungen [7] zeigen, daß Spuren von Ölverschmutzungen kaum Einfluß auf das Festigkeitsverhalten haben.

Auch beim Auftrag auf mechanisch nicht vorbehandelte Klebflächen (Oxidschicht) und bei dort vorhandenen niedrigviskosen Ölresten ist kein Abfall der Festigkeitswerte gegenüber dem nichtölverträglichen Epoxidharz Epilox T 20-20 (früher EGK 19) mit Härter 3 zu verzeichnen. Mit der Anwendung von FV/ZIS 939 in der KGL-Technik sind gegenüber der bisherigen Technologie Arbeitszeiteinsparungen bis zu 20 % je Einzelteil möglich.

3.2.2. Spachtelmassenauftrag

Spachtelmassen sind plastisch verformbare Klebstoffe, die zur Erhöhung ihrer Druckfestigkeit Füllstoffe enthalten [5]. Sie eignen sich damit bei der KGL-Technik für das Ausfüllen dickerer oder unregelmäßiger Klebfugen (z. B. Instandsetzung von Dichtflächen) und zum Auftragen einer größeren Schichtdicke (z. B. Lagergrundbohrungen) auf eine mechanisch vorbehandelte und gründlich entfettete Verschleißfläche. Als Klebstoffe werden Epoxidharze in Verbindung mit Här-

tern eingesetzt. Für druckbeanspruchte Verschleißstellen sind die in [5] angegebenen Rezepturen geeignet.

3.2.3. Polyamidpulver zur Beschichtung

Bei Untersuchungen zur Anwendung von Polyamidbeschichtungspulver wurde ein Plastwerkstoff nachgewiesen, der in größerem Umfang zur Instandsetzung von Festlager-, Dicht- und Gleitlagersitzen (für Lenkungs- und Achsteile) durch manuelles bzw. mechanisiertes Streuen einsetzbar ist und somit die bisherige Platanwendung ergänzt [8]. Polyamid zeichnet sich gegenüber bisherigen Pulverwerkstoffen durch höhere Härte, größere Schlagfestigkeit und wesentlich höhere Verschleißfestigkeit aus und sollte daher innerhalb der thermoplastischen Beschichtungspulver bevorzugt angewendet werden. Eine thermische Nachbehandlung (Aushärtung), wie z. B. bei Epilox EZ 50-71 (Duroplast), ist nicht nötig. Durch Rezepturentwicklung wurde ein sehr thixotropes Produkt mit verbesserter Haftung auf Stahl gewonnen. Diese Polyamidmischung besteht aus 90 Masseteilen Miramid, 5 Masseteilen Epilox R 50-70 (früher EK 10) und 5 Masseteilen Mikroglasskugeln Ballotini.

3.2.4. Temperaturbeständiger Klebstoff

Durch das Institut für Regelungstechnik Berlin wurde ein bis 200 °C temperaturbeständiger Klebstoff (Laborprodukt 6) entwickelt. Er liegt in Pulverform vor und ist durch Streuen auf das mechanisch vorbehandelte, gründlich entfettete und vorgewärmte (460 K) Einzelteil aufzutragen. Infolge hoher Klebstoffkosten (1 000 M/kg) ist er nur in Spezialfällen, bei kleiner Klebfläche und teuren instand zu setzenden Einzelteilen (z. B. Ventilsitze von Verdichtern) einsetzbar.

3.2.5. Weitere perspektivische Aufgaben

- UV-Härtung von Polyesterharz, z. B. für Sonnendächer oder Ölwannen (ebene Laminate)
- Zusatz von Haftvermittler und Beschleuniger zu kaltaushärtenden Epoxidharzen (Erhöhung der Haftfestigkeit, Reduzierung der thermischen Nachhärtung)
- Entwicklung von Dosier-, Misch- und Auftragsvorrichtungen für kalt- bzw. heißaushärtende Mehrkomponentensysteme auf Epoxidharzbasis, um die Verarbeitung zu rationalisieren.

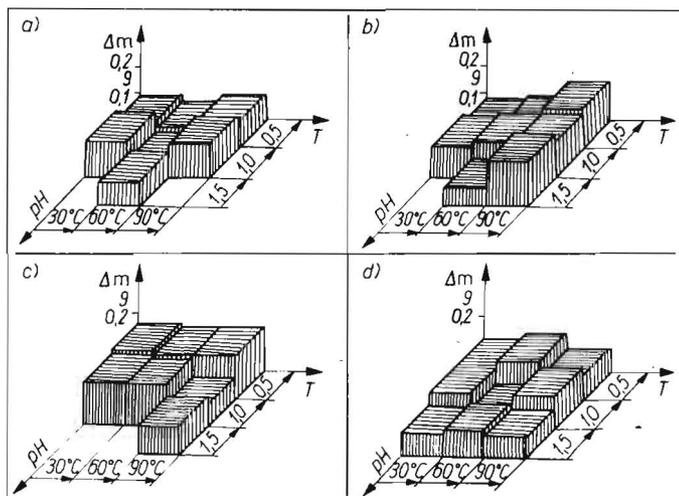
3.3. Galvanotechnik

Die galvanische Auftragung zur Instandsetzung von Einzelteilen erfordert künftig neben dem Eisen- und Chromauftrag auch die Anwendung anderer galvanischer Verfahren.

Während bei der galvanischen Chromauftragung die verfahrenstechnischen Grundlagen bekannt sind, muß dies bei der galvanischen Eisenauftragung in den Folgejahren noch erforscht werden. Besonders die technologischen Prozesse nicht nur der Beschichtung, sondern auch der Vor- und Nachbehandlung sind zuverlässiger zu gestalten. Die Verbundstabilität und die Abscheidengeschwindigkeit sind zu erhöhen.

Die Prozesse in der Bäderstraße sind zu automatisieren, die Nebenprozesse sowie Vor- und Nachbehandlung zu mechanisieren, und an der Rückgewinnung von Energie und Brauchwasser ist zu arbeiten.

Bild 1
Verschleißverhalten von Probekörpern der galvanischen Eisenauftragung



3.3.1. Qualitätsverbesserung bei der galvanischen Eisenauftragung

Abscheidvorgang, Schichteigenschaften und Verbundstabilität werden wesentlich von der Vorbehandlung der Substratfläche bestimmt. Die derzeitig unbefriedigende Vorbehandlung führt zu hohen Ausschußquoten ($\geq 20\%$). Daneben wirken sich Oberflächenverfestigung und Anlaßerscheinungen, resultierend aus der mechanischen Vorbearbeitung, negativ auf die Verbundstabilität aus. Eine Veränderung ist möglich durch:

- mechanische Vorbearbeitung mit Hilfe des Vibrationsgleit- oder Grobkornschleifens
- Einführung einer zusätzlichen Entfettungsstufe und Ultraschallfeinstreinigung
- Substitution der Schwefelsäure durch Salzsäure zur Verminderung der Verschleppungsgefahr
- stromloses Beizen mit Salzsäure.

Die Beschichtung wird durch folgende Maßnahmen verbessert:

- Optimierung der Stromlosphase sowie der Stromdichteerhöhung
- Wechselstrom Einsatz zur Erhöhung der Haftfestigkeit und Veränderung der Schichtstruktur
- Verbesserung der Spültechnologie (Reduzierung der Korrosionsneigung der Auftragschicht).

Die Optimierung der Galvanisierungsparameter in Abhängigkeit vom Verschleißminimum ist im Bild 1 dargestellt.

3.3.2. Schichtkombinationen

Durch Kombination galvanisch abgeschiedener Eisenschichten mit Ni-P-Zwischen- und Cr- oder Ni-P-Deckschichten sind Verbundstabilität sowie Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit zu erhöhen (Sortimentserweiterung). Diese und andere Mehrfach- aber auch Einfachschichten auf der Basis galvanisch abgeschiedenen Eisens entsprechen weitgehend den Forderungen nach verschleißschutzgerechtem Aufbau, auch für spezielle Anwendungsfälle, z. B. Nadellagersitze.

3.3.3. Andere galvanische Verfahren

- chemisch reduktiv abgeschiedene Nickelschichten für hohen Verschleißschutz
- Kupfer-, Messing-, Bronze oder Zinnabscheidung für die Gleitlagerinstandsetzung

Probe	Konzentration FeCl ₂ · 4 H ₂ O g/l	Stromdichte A/dm ²
a	200	20
b	450	20
c	200	40
d	450	40

- Phosphatschichten als Korrosions- und Verschleißschutz.

3.4. Mechanische Bearbeitung und Umformung

Die qualitative Sicherung der mechanischen Fertigbearbeitung beschichteter Einzelteile ist oft die Grundlage für garantiert hohe Grenznutzungsdauerwerte. Daraus leitet sich auch die Forderung an Genauigkeit und Güte der Oberflächen aufgearbeiteter Einzelteile ab. Besonders die Feinstbearbeitung von mitelharten Auftragschichten ist aus Gründen der Funktions- (z. B. Dichtheit) und der Zuverlässigkeitssicherung zu lösen. Die Bearbeitung von Hartstoffschichten oder hochfesten Werkstoffen ist außer durch wirtschaftliche Schleifverfahren (z. B. Hochgeschwindigkeitsschleifen) auch durch Methoden mit geometrisch bestimmter Schneide (z. B. Warmzerspannung) zu realisieren. In berechtigten Fällen ist zu prüfen, ob eine Mechanisierung und Automatisierung der mechanischen Bearbeitung von beschichteten rotationssymmetrischen Einzelteilen, selbst mit Handhabetechnik, z. B. für die Werkstückzuführung und -ablage sowie für die Bearbeitung auf Maß, um den Effektivitätszuwachs aus der Aufarbeitung bei zentralen Instandsetzungseinheiten abzudecken, rentabel wäre. Die Möglichkeiten der Maßumformung sind aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, der Oberflächenverfestigung sowie der damit verbundenen Abnutzungsminderung mehr zu nutzen. Das gilt für die Umformung von Zahn- und Kettenrädern im entsprechend profilierten Gesenk, von Hohlkörpern (z. B. Buchsen oder Kugelpfannen) in zylindrischen Matrizen und von Festlagersitzen rotationssymmetrischer Einzelteile durch diametral angreifende Walzen (Bild 2).

Eine Verfahrenserweiterung ergibt sich mit der Einführung der in der UdSSR entwickelten hydrothermischen Umformung von hohlzylindrischen Werkstücken gleichmäßiger Wanddicke. Dabei sind prinzipiell zwei Varianten möglich:

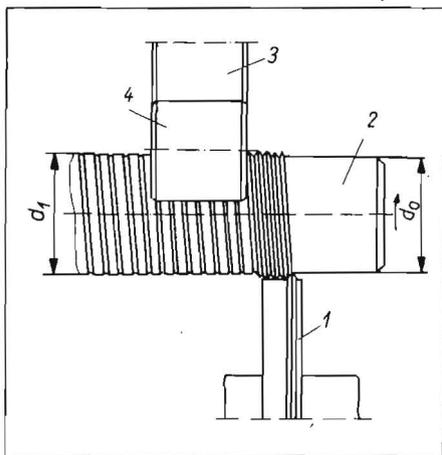


Bild 2. Wirkprinzip des Zweistufenkaltumformens;

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

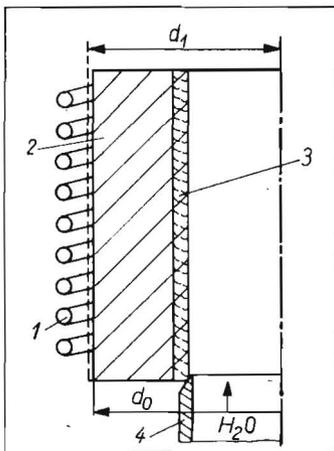


Bild 3. Prinzip des hydrothermischen Aufweitens; 1 Induktor, 2 Werkstück (Kolbenbolzen), 3 Innzone, 4 Wasserzufuhr
 d_0 Durchmesser vor der Erwärmung, d_1 Durchmesser nach dem Abschrecken

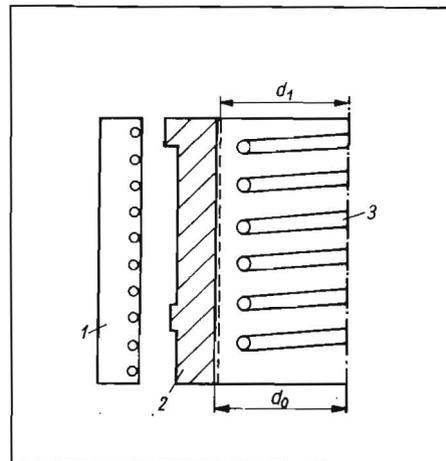


Bild 4. Prinzip des hydrothermischen Zusammen-drückens;

- 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