

# Stand und Perspektiven der Anwendung von Plastwerkstoffen bei der Einzelteilinstandsetzung

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

VEB Rationalisierung Landtechnische Instandsetzung Neuenhagen, Betriebsteil Charlottenthal  
Ing. Sigrid Kanzler, KDT, VEB Landtechnisches Instandsetzungswerk (LIW) Halle

## 1. Anwendungsbeispiele

Innerhalb der landtechnischen Instandsetzung finden als plasttechnische Instandsetzungsverfahren die handwerkliche KGL-Technik sowie die mechanisierungswürdigen Verfahren Wirbelsintern, Plastflammspritzen und Pulverstreuen Anwendung. KGL-Technik ist der Sammelbegriff für Kleben, Gießen und Laminieren. Durch die Anwendung plasttechnischer Verfahren wurde in den landtechnischen Instandsetzungswerken (LIW) der DDR im Jahr 1979 ein planmäßiger Nutzen von rd. 21 Mill. M erzielt. Hierbei entfallen 87% auf die KGL-Technik und 13% auf die Verfahren Wirbelsintern, Plastflammspritzen und Pulverstreuen. Beispiele für die Anwendung von Plastwerkstoffen sind:

- Instandsetzung von Motorgehäusen, Getriebegehäusen, Ölwanne, Zylinderkopfhäuben, Kurbelgehäusen, Stirnraddeckeln (Risse, Durchbrüche)
- Formen der verschlissenen Lagergrundbohrungen an Motorgehäusen mit Hilfe von Paßwellen (Instandsetzung auf Originalmaß ohne mechanische Nachbearbeitung)
- Ausspachteln von Gleitbuchsensitzen
- Einkleben von Lagern, Buchsen, Gewindeteilen, Verschleißringen
- Instandsetzung von Dichtflächen
- Aufbringen von Korrosionsschutzschichten
- Instandsetzung rotationssymmetrischer Teile, wie z. B. Achsschenkel, Wasserpumpenwellen, Hydraulikkolben, Antriebsritzel und Bremswellen, durch die Verfahren Plastflammspritzen, Wirbelsintern und Pulverstreuen.

## 2. Verwendete Plastwerkstoffe

### 2.1. Werkstoffe für die KGL-Technik

Grundsätzlich werden Epoxidharze und im geringen Umfang Polyesterharze verwendet. Der Vorteil von Epoxidharzen gegenüber Polyesterharzen besteht in höherer Haftfestigkeit zum Metall und geringerer Schrumpfung des Klebstoffs während der Aushärtung. Folgende kalthärtende flüssige Mehrkomponentensysteme auf Epoxidharzbasis kommen zum Einsatz:

- Epilox EGK 19/H 3 bzw. H 8 (H 8 im geringen Umfang)
- Epilox EG 34/H 3
- Epasol EP 1
- Epasol EP 4
- Epasol EP 6
- Epasol EP 9
- Epasol EP 11
- Epasol FV/ZIS 939
- Karoseriespachtel SP 125.

Als kalthärtende flüssige Mehrkomponentensysteme auf Polyesterharzbasis sind z. B. bekannt:

- Polyester UPAS 2333 (frühere Bezeichnung: Polyester G)
- Mökodur L 5001/H 11.

Gegenüber den Epilox-Typen bestehen bei den Epasol-Typen einfach beherrschbare Mi-

schungsverhältnisse (z. B. 1:1, 2:1 oder 4:1). Der Mischvorgang wird infolge unterschiedlicher Farben beider Komponenten erleichtert.

In der Anwendung der einzelnen Epasol-Typen gibt es gewisse Nuancen. Die Typen Epasol EP 1, Epasol EP 6 und Epasol EP 11 sind z. B. fugenfüllend. Unregelmäßigkeiten der Schichtdicke des Klebstoffs zwischen den Klebflächen beider Fügepartner sind zulässig. Die Typen Epasol EP 2 und Epasol EP 9 sind wegen ihrer geringen Viskosität z. B. günstig als Gieß- und Laminierharz einsetzbar.

Es handelt sich um kalthärtende Systeme mit folgenden Aushärtebedingungen:

- 24 h bei Raumtemperatur und 2 h bei 90°C oder
- 7 Tage bei Raumtemperatur.

Durch Zusatz von Füllstoffen zum Harz kann man die technisch-ökonomischen Eigenschaften verbessern. Wichtige Füllstoffe sind z. B. Quarzmehl, Quarzsand, Graphitpulver, Eisenpulver, Aluminiumpulver, Talkum, die neben der Verbilligung des Klebharzansatzes u. a. dazu beitragen, die Wärmeleitfähigkeit, die Festigkeit sowie das Verschleißverhalten zu verbessern.

Folgende Eigenschaftsbeeinflussungen werden beispielsweise im einzelnen hervorgerufen:

- Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit, Druck- und Zugscherfestigkeit durch Quarzmehl und -sand
- Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit und Verschleißfestigkeit durch Graphitpulver
- Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit, Zugscherfestigkeit und Schälfestigkeit durch Aluminiumpulver
- Erhöhung der Druckfestigkeit, Härte, Wärmeleitfähigkeit und Schälfestigkeit durch Eisenpulver.

Thixotropiemittel K 60 S bzw. Talkum werden verwendet, um ein Abfließen des Klebstoffs von schrägen Stellen am Instandsetzungsteil zu verhindern sowie die Sedimentation (Absetzen) von weiteren im Harz vorhandenen Füllstoffen zu vermeiden. Speziell für das Laminieren ist Glasseidengewebe erforderlich, wobei vorzugsweise das Glasseidengewebe K 1800 wegen seiner guten Durchtränkbarkeit und Schmiegsamkeit verwendet wird.

### 2.2. Werkstoffe für die Verfahren Wirbelsintern, Plastflammspritzen und Pulverstreuen

Für diese Verfahren wird der pulverförmige Plastwerkstoff Epilox EFP 60 angewendet. Er basiert im wesentlichen auf dem Klebstoff EK 10. Die relativ hohe Verschleißfestigkeit wird durch die spezielle Modifizierung mit Graphit und anderen stabilisierenden Füllstoffen erreicht.

Der zulässige  $p \times V$ -Wert für Gleitlagerungen beträgt nach Erfahrungswerten 50 bis 100 N/cm<sup>2</sup> · s. Die zulässige Umfangsgeschwindigkeit der gleitenden Partner sollte im Normalfall < 100 m/min betragen. Verschmutzung begünstigt raschen Verschleiß bei Gleitlagerun-

gen. Erwärmung führt zur Erweichung und Reduzierung der Kohäsions- sowie Adhäsionskraft des Klebstoffs. Aufgrund der Restthermoplastizität im Epoxidharz treten diese Erscheinungen oberhalb 340 K auf. Daher erfolgt kaum Anwendung bei Gleitlagerpaarungen, sondern vorwiegend bei der Festlagerinstandsetzung.

## 3. Technologischer Ablauf

### 3.1. Kleben

Der technologische Ablauf beim Metallkleben sieht vor, daß die mechanisch vorbehandelten (d. h. aufgerauten) Klebflächen der Fügepartner entfettet werden (Anwendung von entfettungswirksamen Lösemitteln, wie z. B. Perchloräthyl). Nach Herstellung des Klebstoffgemisches unter Beachtung der Vorschriften des Herstellers erfolgt das Auftragen auf beide Fügepartner z. B. mit Pinsel oder Spatel. Nach dem Fügen der Teile erfolgt die Aushärtung.

### 3.2. Gießen

Bei Anwendung der Gießtechnik wird die Schadstelle mechanisch vorbehandelt (aufgeraut) und entfettet. Das Gießharzgemisch wird in die so vorbereitete Schadstelle gegossen. Nach Aushärtung erfolgt ggf. mechanische Nacharbeit.

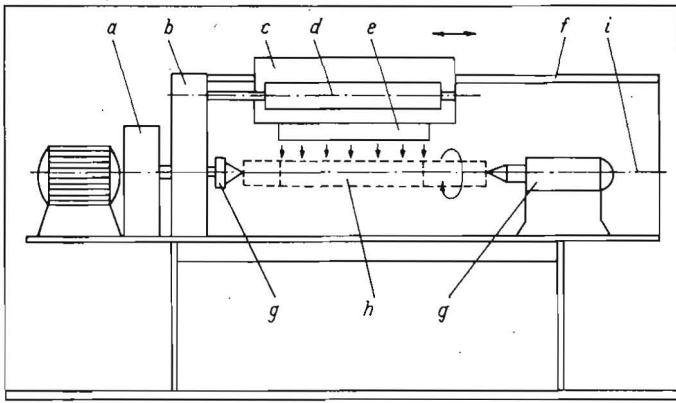
### 3.3. Laminieren

Bei Anwendung des Laminierens werden die im beschädigten figurrellen Einzelteil vorhandenen Rißenden abgebohrt und die Risse V-förmig ausgeschliffen. Seitlich der Schadstelle (mindestens bis zu einem Abstand von 60 mm) wird die metallische Oxidschicht ebenfalls durch Schleifen entfernt. Die so mechanisch aufgeraute Schadstelle wird entfettet. Das Glasseidengewebe wird zugeschnitten. Meistens werden 2 bis 3 Lagen verwendet. Fugen und Durchschläge werden mit Spachtelmasse ausgefüllt (Spachtelmasse ist die Bezeichnung für einen mit Füllstoffen hochangereicherten Klebstoff). Das zum Durchtränken des Gewebes verwendete Harz hat eine niedrigere Viskosität. Das Durchtränken erfolgt durch Walkarbeit mit dem Pinsel.

### 3.4. Pulverauftragverfahren

Innerhalb der möglichen Pulverauftragverfahren

- Plastflammspritzen
  - Wirbelsintern
  - elektrostatisches Pulversprühen
  - mechanisiertes und manuelles Streuen
- hat das mechanisierte Streuen von Plastpulver zunehmende Bedeutung. Der Vorteil des elektrostatischen Pulversprühens, auf nicht vorgewärmte Einzelteile heißhärtendes Pulver aufzubringen, kann nicht ausgenutzt werden, da die bei diesem Verfahren aufgrund des Rücksprühreffekts begrenzten Plastschichtdicken von maximal 0,2 bis 0,3 mm für eine Einzelteilinstandsetzung zu gering sind. Das Wirbelsintern unter Zufuhr nicht vor-



**Bild 1**  
Streuvorrichtung für die Außenbeschichtung (VEB LIW Gardelegen) [1];  
a Getriebe, b Zwischengetriebe (Antrieb der Walze im Vorratsbehälter), c Vorratsbehälter (verschiebbar), d Walze, e austauschbare Düse, f Führungswelle für Vorratsbehälter, g Spannvorrichtung, h Werkstück, i Druckluftanschluß

gewärmter Druckluft in das Unterteil eines Wirbelsinterbehälters führt oft zu Lufteinströmen in der Plastschicht. Für nicht zu beschichtende Stellen am Instandsetzungsteil ist ein hoher Isolationsaufwand notwendig. Das Plastflammspritzverfahren erfordert den Umgang mit heißer Azetylen-Sauerstoff-Gemischflamme und ist somit ungünstig hinsichtlich der Forderungen des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes. Auch die Tatsache, daß in der DDR die Produktion von Plastflammspritzpistolen eingestellt wurde, läßt die Bedeutung dieses Verfahrens in der Zukunft weiter zurückgehen.

Das Plastpulveraufstreuen als manuelles Beschichtungsverfahren wird seit Jahren in den LIW genutzt, so z. B. beim Aufarbeiten von Gehäusen hydraulischer Zahnradpumpen oder Gehäusen von Radialkolbenpumpen. Im VEB LIW Gardelegen wurde das Plastpulveraufstreuen für die Außenbeschichtung rotations-symmetrischer Einzelteile mit weitgehender Mechanisierung erstmalig angewendet [1]. Entsprechende Vorrichtungen wurden im Rahmen einer Neuervereinbarung entwickelt. Die erste Vorrichtung ist seit Januar 1978 für die Serieninjandsetzung im Einsatz (Bild 1). Gegenüber dem bisher angewendeten Plastflammspritzen konnte die Produktivität erhöht werden.

Wesentliche Bauteile der Vorrichtung sind:

- Getriebe zum Antrieb der rotationssymmetrischen Teile sowie der Förderwalze
- Vorratsbehälter mit Führungswelle
- Düsen
- Spannvorrichtung.

Die zu beschichtenden mechanisch vorbehandelten, entfetteten und vorgewärmten Teile werden in einer Spannvorrichtung aufgenommen und in Drehung versetzt. Oberhalb des Werkstücks befindet sich ein Vorratsbehälter mit Plastpulver. Dieses fällt infolge der Schwerkraft durch entsprechend der Breite der zu beschichtenden Flächen angefertigte Düsen auf das Werkstück, wo das Sintern und Verschmelzen zu einer homogenen Schicht erfolgen. Vorteilhaft ist z. B., daß je nach Lage der Düsen die gleichzeitige Beschichtung mehrerer Stellen mit Plastpulver möglich ist.

Allgemein ist die beim mechanisierten Streuen von Plastpulver erreichbare Schichtdicke eine Funktion von Vorwärmtemperatur, Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität (Faktoren, die auch beim Plastflammspritzen und Wirbelsintern eine Rolle spielen) sowie zusätzlich vom Schüttvolumen je Längen- und Zeiteinheit und der Anzahl der Umdrehungen des Werkstücks. Der gesamte technologische Ablauf läßt sich beim mechanisierten Streuen wie folgt gliedern:

- Grobreinigung (alkalische Wäsche)
- Schadaufnahme

- mechanische Vorbehandlung (Drehen, Schleifen, Strahlen usw.)
- Waschen im alkalischen Reinigungsmittel, Spülen
- Vorwärmung der Einzelteile im elektrischen Warmluftumwälzofen (Anwendung von Epilox EFP60 erfordert Vorwärmung auf 453 K)
- mechanisiertes Plastpulveraufstreuen
- Aushärtung der Plastschicht im Warmluftumwälzofen (3 h bei 453 K)
- mechanische Nachbearbeitung der beschichteten Einzelteile (z. B. Schleifen als ökonomischstes Verfahren, Drehen, Fräsen)

Entsprechend den Erfahrungen des VEB LIW Gardelegen erfolgt die Entfettung zweckmäßig in einer Dreikammerwaschanlage mit dem Waschmittel Gr-multum, wobei mit 1,5 bis 2% Zusatz gewaschen und mit 0,5% Zusatz gespült wird.

Bei der mechanischen Bearbeitung der Plastschicht sollte stets Kühlung erfolgen. Das ist wie folgt begründet:

- Bei Anwendung von Epilox EFP60 als füllstoffmodifiziertes Epoxidharz besteht die Möglichkeit starker Staubentwicklung.
- Beim Schleifen ohne Kühlung kommt es leicht zu einem „Verschmieren“ des Schleifkörpers.
- Beim Drehen und Schleifen kann es durch die entstehende Reibungswärme zu einer Überhitzung und damit Zerstörung der Plastschicht kommen.
- Die Anwendung von Kühlmitteln hat auch die Aufgabe, schnelles Abstumpfen der Schnittwerkzeuge zu vermeiden.

#### 4. Vor- und Nachteile der Anwendung plasttechnischer Verfahren

Vor der Einführung plasttechnischer Verfahren ist die Kenntnis über die Vor- und Nachteile (Anwendungsgrenzen) erforderlich. Solche Nachteile sind:

- geringe thermische Beständigkeit (bei handelsüblichen kalthärtenden Epoxidharzen und Polyesterharzen beträgt die Wärmeformbeständigkeit rd. 330 bis 350 K), d. h. im Bereich von 330 bis 350 K bis zur Zersetzungstemperatur oberhalb 520 K ist die Klebstoffanwendung im wesentlichen dann sinnvoll, wenn nur dichtende Wirkung und keinerlei Festigkeit gefordert wird; es existieren heißhärtende Epoxidharze, die für festigkeitsbeanspruchte Verbindungen im Gegensatz zu den kalthärtenden Harzen auch bei Temperaturen über 370 K einsetzbar sind.
- Empfindlichkeit gegen Schäl-, Biege- und Schlagbeanspruchungen
- relativ langwierige Vorbereitung der Klebestellen (mechanische Vorbehandlung, Entfettung usw.)

- lange Abbindezeiten
- zerstörungsfreie Prüfverfahren (z. B. Röntgen) haben noch nicht den Aussagewert, um Rückschlüsse auf das Festigkeitsverhalten der Verbindung geben zu können
- relativ geringe Wasserbeständigkeit (vor allem bei Temperaturen über 320 K), dagegen liegt z. B. bei Einwirkung von Fett, Ölen und Kraftstoffen Beständigkeit vor
- Mischungsverhältnis von Mehrkomponentenklebstoffen ist oft schwierig beherrschbar.

Dem stehen folgende Vorteile gegenüber:

- keine Gefügemwandlung durch thermische Einwirkung
- kein Verzug, Aufbeulen oder Werfen durch thermische oder mechanische Einwirkungen
- spannungsfreies Verbinden
- keine Querschnittsschwächung an der Verbindungsstelle
- gute Verbindungsmöglichkeit für unterschiedliche Werkstoffpaarung
- keine Spalt- oder Kontaktkorrosion und keine Elementenbildung möglich
- isolierende und gasdichte Verbindungen sind erreichbar
- Kostensenkung durch Einsparung von Fertigungszeit und -mitteln, Stückmasse, Normteilen und Buntmetallen
- ausreichende Festigkeit bei dynamischer Belastung (Betrieb der landtechnischen Arbeitsmittel).

#### 5. Forderungen an neue Plastwerkstoffe

##### 5.1. Entwicklungsforderungen

Ausgehend von den gegenwärtigen Anwendungsbeispielen, den verwendeten Plastwerkstoffen, den technologischen Abläufen sowie Vor- und Nachteilen der Anwendung plasttechnischer Verfahren, läßt sich eine Vielzahl von Entwicklungsforderungen ableiten, so z. B.:

- Haftung auf Oxidschichten ermöglichen, wobei keine Festigkeitseinbußen gegenüber kommerziellen Klebstoffen zulässig sind
- Erreichen von Unempfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen der Klebflächen durch Ätzmittelrückstände, Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölverharzungen, Spuren von sonstigem Schmutz, ohne daß mangelndes Alterungsverhalten eintritt
- Verbesserung der Umweltfreundlichkeit der Klebstoffe (Reduzierung der Geruchsbelastigung)
- Beibehaltung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften und Verschleißigenschaften bis 470 K (Plastpulver)
- Verbesserung der Druckfestigkeit und Verringerung des abrasiven Verschleißes bei Gleitlagerung (Plastpulver).

##### 5.2. Entwicklungsziele

Durch die Realisierung der Entwicklungsforderungen sollen im wesentlichen folgende Ziele erreicht werden:

- Innerhalb der KGL-Technologie kann im wesentlichen auf die mechanische Vorbehandlung (z. B. Schleifen beim Laminieren) sowie auf Entfettungsvorgänge (Lösemittelanwendung) verzichtet werden. Bei lose haftenden groben Rostpartikeln reicht die Anwendung rostentfernender Ätzmittel aus, um eine geforderte „klebgerichte“ Oberfläche zu erzielen.

Als einzige Oberflächenvorbehandlung ist bei sehr stark verschmutzten Teilen ein grobes Abreiben mit trockenem Tuch er-

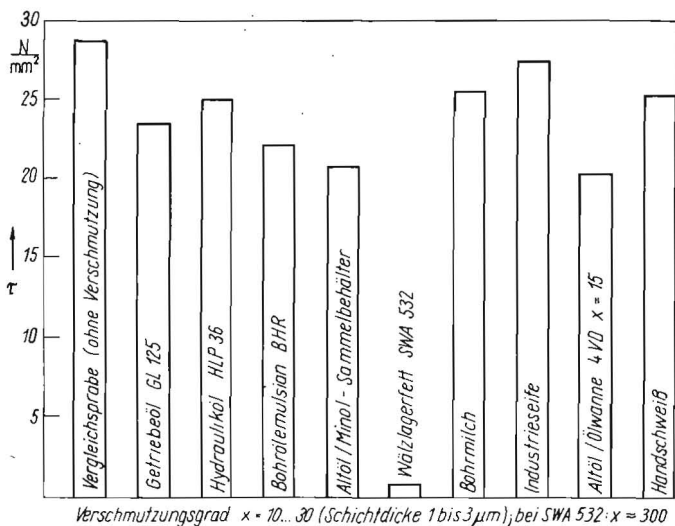
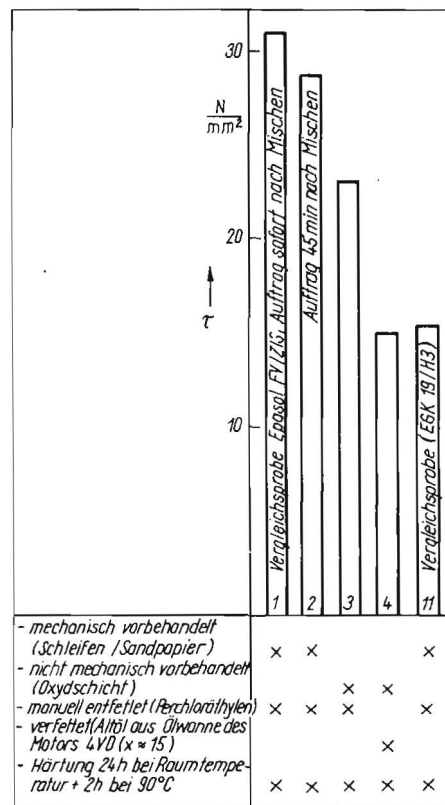


Bild 2  
Zugscherfestigkeit  $\tau$  für den Klebstoff Epasol FV/ZIS 939 (nach Standard TGL 14910/02); Klebflächen verschmutzt, mechanisch vorbehandelt, ohne Füllstoffzugabe, ohne Alterung; Werkstoff St Zu A3

Bild 3  
Zugscherfestigkeit  $\tau$  für den Klebstoff Epasol FV/ZIS 939 (nach Standard TGL 14910/02); bei unterschiedlicher Vorbehandlung; ohne Alterung; Werkstoff St Zu A3



forderlich. Hieraus resultiert Arbeitszeitsparung infolge des Wegfalls lästiger und umweltunfreundlicher Arbeitsgänge.

Bei Instandsetzungsteilen, wo zum Erreichen einer Klebfuge auf die mechanische Vorbehandlung nicht verzichtet werden kann (z. B. Aufbohren, um Teile einzukleben), wird dennoch erreicht, daß neben dem Wegfall der Entfettung eine unbegrenzte Zeitspanne zwischen mechanischer Vorbehandlung und Klebstoffauftrag möglich ist (bisher dürfen entsprechend den praktischen Erfahrungen nur maximal 24 h bis zum Klebstoffauftrag vergehen).

Aufgrund der physiologischen Bedenklichkeit sind zwar nach wie vor Raumabsaugung und sonstige örtliche Absaugung am Arbeitsplatz erforderlich, aber es entfällt beim Mischen und Klebstoffauftrag die Geruchsbelästigung (umweltfreundlichere Gestaltung der Arbeitsgänge).

Aufgrund erhöhter Verschleißfestigkeit plastisch instand gesetzter Teile sowie erhöhter Temperaturbeständigkeit werden sich die Instandsetzungsstückzahlen verringern und Möglichkeiten zur Erweiterung des Instandsetzungssortiments ergeben.

### 5.3. Technischer Stand bei der Realisierung der Forderungen

Hinsichtlich der Realisierung der beiden zuerst aufgeführten Forderungen bietet der Klebstoff

Epasol FV/ZIS 939 Vorteile [2]. Er wurde in Zusammenarbeit zwischen dem ZIS Halle und dem VEB ASOL-Chemie Berlin entwickelt. Ergebnisse von Zugscheruntersuchungen nach Standard TGL 14910/02 zeigen, daß Spuren von Överschmutzung kaum Einfluß auf das Festigkeitsverhalten haben (Bild 2).

Weitere Untersuchungen haben verdeutlicht, daß auch beim Auftrag auf mechanisch nicht vorbehandeltem Metall (St Zu A3) und vorhandenen Spuren niedrigviskoser Verschmutzung die Festigkeitswerte ungealterter Verbindungen trotzdem im Bereich des nichtölverträglichen Epoxidharzes Epilox EGK 19/H3 liegen, bei dessen Anwendung mechanische Oberflächenvorbehandlung und Entfettung erfolgen (Bild 3). So beträgt beim Auftrag von Epasol FV/ZIS auf eine mechanisch nicht vorbehandelte und mit einer Altölschicht (Schichtdicke 1,5  $\mu\text{m}$ ) verschmutzte Oberfläche der Zugscherfestigkeitswert rd. 15 N/mm<sup>2</sup>. Bei Anwendung des nichtölverträglichen Klebstoffs Epilox EGK 19/H3 nach der herkömmlichen Technologie sind die Zugscherfestigkeitswerte identisch.

Bisher wurden vor allem in den VEB LIW Halle und Güstrow mit Erfolg figurelle Teile (z. B. Ölwanne, Kurbelgehäuse und Zylinderkopfhäuben) mit diesem neuen Klebstoff instand gesetzt. Zwar steigt beim Arbeitsgang Laminieren die notwendige Arbeitszeit aufgrund erschwelter Walkarbeit um 50 bis 85%

an, aber infolge der Verringerung des Aufwands beim mechanischen Vorbehandeln wird der Gesamtaufwand je zu laminierendes Einzelteil um rd. 20% verringert. Speziell im VEB LIW Halle wird je kg Epasol FV/ZIS 939 gegenüber dem früher eingesetzten Klebstoff Epilox EG 34/H3 ein Nutzen von 33 M erzielt.

### Literatur

- [1] Straßburg, V.: Verfahrenskennblatt Plast-Aufstreuen. VEB LIW Gardelegen 1976.
- [2] Puttscher, R.: Dokumentation zur Anwendung des ölverträglichen Klebstoffes Epasol FV/ZIS 939. VEB Rationalisierung Neuenhagen, Betriebsteil Charlottenthal, 1979. A 3048

### Berichtigung

In dem im Heft 3/1981 veröffentlichten Beitrag „Grundlagen und praktische Erfahrungen bei der Anwendung der Restnutzungsdauerprognose von Motoren“ sind uns bedauerlicherweise Fehler unterlaufen. In Absprache mit dem Autor wird die Gl. (5) auf Seite 105 wie folgt korrigiert:

$$t_{R_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{u_i} - t_{i_i}) \quad (5)$$

Außerdem ist unter 3.3. zu beachten, daß der extrapolierte Aussonderungstermin mit Hilfe der Linie E'-F' (Bild 2) bestimmt wird.

Die Restnutzungsdauer des Motors beträgt

nach der 4. Diagnose 58801 DK. Somit ist die nächste Hauptüberprüfung in der Pflegestation bei  $t_N = 288001$  DK zu planen. Wir bitten um Entschuldigung.

Redaktion agrartechnik