

# Anwendungsbereiche des Plast-Flammspritzens bei der Instandsetzung von Einzelteilen<sup>1</sup>

Ing. U. KUNKEL, KDT\*

## 1. Verfahren zum Werkstoffauftrag bei der Instandsetzung von Verschleißteilen

Das dominierende Verfahren bei der Instandsetzung von rotationssymmetrischen Verschleißteilen ist gegenwärtig das SG-(CO<sub>2</sub>)-Schweißen. Neben guten ökonomischen Ergebnissen beim Einsatz dieses Verfahrens dürfen jedoch die Nachteile in metallurgischer und konstruktiver Art, die zu Gefügeveränderungen im Grundmaterial und zum Verziehen der Teile führen, nicht unberücksichtigt bleiben. Bedingt durch diese Nebenerscheinungen wird in vielen Fällen vor allem bei komplizierten Teilen eine Verschleißteilinstandsetzung durch die Anwendung von Schweißverfahren unmöglich gemacht.

Auch die Anwendung des Metallspritzens bringt wegen der geringen Haftfestigkeit der aufgetragenen Schichten in den meisten Fällen nicht den gewünschten Erfolg.

## 2. Plasttechnischer und anlagentechnischer Teil beim Plast-Flammspritzen

Der Einsatz von Plastwerkstoffen für die Verschleißteilinstandsetzung vor allem bei rotationssymmetrischen Verschleißteilen ist gegenwärtig noch völlig ungenügend. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß

- bei den in Frage kommenden Anwendern kaum Kenntnisse über die Möglichkeit der Verwendung von Plastwerkstoffen für die Verschleißteilinstandsetzung vorhanden sind und
- die von den Herstellern für das Auftragen der Plastwerkstoffe angebotenen Anlagen nicht in vollem Umfang den an sie gestellten Anforderungen gerecht werden.

Im folgenden sollen deshalb einige grundsätzliche Probleme des Plast-Flammspritzens, als dem gegenwärtig produktivsten Verfahren bei der Anwendung von Plastrmaterialien für die Verschleißteilinstandsetzung, erläutert werden.

### 2.1. Plastwerkstoffe

Grundsätzlich können mit dem Verfahren des Plast-Flammspritzens sowohl Thermo-, als auch Duroplaste aufgetragen werden. Während bei den Thermoplasten in erster Linie Polyamid zur Anwendung gelangt, sind es bei den Duroplasten ausschließlich Epoxidharze. Das gute Verschleißverhalten der Polyamide ist im allgemeinen bekannt. Bei den bei der Instandsetzung von verschlissenen Wälz-, Gleitlager- und Wellendichtringsitzten erforderlichen Dünnschichten macht sich jedoch die schlechte Haftfestigkeit auf metallischen Untergründen sehr nachteilig bemerkbar. Da sich zudem noch technologische Schwierigkeiten durch das starke Quellvermögen unserer Polyamidtypen (Polyamid 6) ergeben, sollen nur die Epoxidharze näher erläutert werden.

Für das Plast-Flammspritzens steht vom VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“ das Epoxidharz-Flamm-Spritzpulver Epilox EFP 22 zur Verfügung, das sich durch seine große Härte, ausgezeichnete Haftung auf metallischen Untergründen und relativ gute Wärmeleitfähigkeit gegenüber anderen Plastwerkstoffen auszeichnet. EFP 22 ist ein modifiziertes, den Härter bereits enthaltendes Epoxidharz-Einkomponentensystem in Pulverform mit einer Korngröße unter 0,4 mm und einem Schmelzpunkt von 85 bis 100 °C. Die Zugfestigkeit bei einer Stahl-Stahl-Verbindung beträgt 320 bis 350 kp/cm<sup>2</sup>, die Einsatztemperatur im Dauerbetrieb etwa 100 °C. Die aufgetragenen Schichten sind beständig gegen

über Ölen, Treibstoffen und alkalischen Waschlösungen, nur bedingt beständig gegenüber Halogenkohlenwasserstoffen. Die optimale Aushärtungstemperatur beträgt 160 °C bei einer Härtingszeit von 3 h.

### 2.2. Anlagentechnischer Teil

Voraussetzung für die Erzielung fest haftender Spritzschichten sind metallisch reine und fettfreie Oberflächen. Um diese zu erzielen, haben sich vor allem das Sandstrahlen und Schleifen sowie das Entfetten mit Halogenkohlenwasserstoffen oder alkalischen Reinigungsmitteln wie G<sub>2</sub>-forte super (mit nachfolgendem Spülen mit heißem, klarem Wasser) als am günstigsten erwiesen.

Um nach der Vorbehandlung der Teile eine einwandfreie Beschichtung zu erreichen, ist es erforderlich, die Werkstücke vorzuwärmen. Die Höhe dieser Vorwärmtemperatur ist abhängig vor allem von der spezifischen Wärme des Werkstoffes, der Wärmekapazität des Werkstückes, der vorgesehenen Beschichtungsdicke und der Verweilzeit zwischen Ende der Vorwärmung und Beginn des Spritzvorgangs. Diese Vorwärmtemperatur ist für die Qualität der aufgespritzten Schichten von entscheidender Bedeutung.

Eine zu geringe Vorwärmtemperatur ergibt raue Oberflächen mit geringerer Haftfestigkeit, zu hohe Vorwärmtemperaturen können poröse Stellen in der Plastschicht bewirken. Das Optimum beim Flammspritzens mit EFP 22 liegt bei 120 bis 170 °C.

Der der Vorwärmung folgende Auftrag des Plastpulvers erfolgt mit einer Flammspritzanlage. Das für den speziellen Zweck der Beschichtung rotationssymmetrischer Verschleißteile veränderte ZIS-Flammspritzgerät WS III sei nachfolgend vorgestellt.

Als Betriebsstoffe dienen wasser- und ölfreie Druckluft mit einem Überdruck von 3 kp/cm<sup>2</sup> und Azetylgas mit einem Überdruck von 0,4 kp/cm<sup>2</sup>. Der Luftverbrauch liegt bei etwa 6 m<sup>3</sup>/h, der Azetylenverbrauch bei etwa 0,8 m<sup>3</sup>/h.

Die gesamte Anlage besteht aus dem Spritzapparat, einem Verteilerstück, einem Magnetventil, einem Fußschalter zur Betätigung des Magnetventils, dem Spritzgutbehälter mit Abtragvorrichtung und einer stufenlos regelbaren Drehvorrichtung mit Schnellspannung. Der Pneumatikzylinder zum Aufnehmen der zu beschichtenden vorgewärmten Teile wird ebenfalls über einen Fußhebel betätigt. Das Magnetventil hat die Aufgabe, bei jedem Spritzvorgang einen gleichbleibenden Pulverstrom ohne Neueinstellung zu garantieren. Das Magnetventil, die Fußschalter und die Drehvorrichtung gehören nicht zu der vom Hersteller gelieferten Anlage WS III. Am Spritzapparat wurden auswechselbare Düsen angebracht, wobei die Düsenöffnung je nach Größe der zu beschichtenden Teile als Rund- oder Breitschlitzdüse ausgebildet ist.

Der Spritzvorgang geht so vonstatten, daß nach Freigabe durch das Magnetventil Druckluft in den Spritzgutbehälter gelangt und von dort durch die Abtragvorrichtung einen Pulverstrom zum Spritzapparat fördert. Mit zusätzlicher Beschleunigerluft versehen, gelangt dieser Pulverstrom durch die ringförmige Azetylenflamme und schmilzt durch die

\* Gruppenleiter Plastranwendung im Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal

<sup>1</sup> Aus einem Vortrag auf der 4. Wissenschaftlich-technischen Tagung „Rationalisierung der Instandhaltung in der sozialistischen Landwirtschaft“ des SKL und des IFV „Land- und Forsttechnik“ der KDT am 10. und 11. Dez. 1969 in Leipzig

Flammeneinwirkung und die im Werkstück enthaltene Wärmeenergie an der Werkstückoberfläche auf.

Bei der Inbetriebnahme der Anlage ist zuerst das Brenngas-Luft-Gemisch am Ringdüsenbrenner zu entzünden, dann dürfen die Absperrorgane für das Plastpulver geöffnet werden. Diese Reihenfolge ist unbedingt einzuhalten, da bei einem Zündpunkt von 540 °C für EFP 22 die untere Explosionsgrenze bei 100 g/m<sup>3</sup> liegt. Wie Messungen ergaben, kann der Anteil des Plastpulvers unmittelbar am Austritt aus dem Flammsspritzapparat bis über 500 g/m<sup>3</sup> betragen. Um den überschüssigen Pulver-Luft-Strom und die Verbrennungsgase zu beseitigen, ist es erforderlich, beim Plast-Flammsspritzen unter einer leistungsfähigen Absaugung zu arbeiten. In der Praxis haben sich hierfür normale Schweiß-tische, die nur geringfügig umgebaut werden müssen, gut be-währt.

Die erreichbare Schichtdicke beim Spritzen mit EFP 22 be-trägt — bedingt durch die gute Thiotropie dieses Plast-pulvers — 3 bis 4 mm, ohne daß ein Ablaufen zu befürchten wäre. Erforderlich ist dazu neben einer optimalen Vor-wärmtemperatur eine gleichmäßige Drehbewegung der zu be-schichtenden Teile, damit ein lagenweiser Aufbau erfolgen kann. Größere Schichtdicken bis zu max. 6 mm sind nur durch Aufstreuen des Pulvers möglich. Beim Flammsspritzen besteht bei großen Schichtdicken die Gefahr der Überhitzung und damit des Aufschäumens des Plastpulvers durch die zu intensive Flammeneinwirkung.

Sollen nun sehr eng begrenzte Stellen an einzelnen Ver-schleißteilen beschichtet werden, so kann man diese seitlich durch Abdeckbleche markieren. Beim Spritzen werden dann an den Rändern auch diese Abdeckbleche mit beschichtet. Versuche, die gemeinsam mit der Hauptabteilung Anwen-dungstechnik des VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“ durch-geführt wurden, ergaben, daß dieses aufgetragene Material sowie an den Verschleißstellen vorbeigespritztes Pulver nach einem erneuten Mahlgang im Gemisch von 1 : 1 mit neuem Pulver wieder vollwertig zum Flammsspritzen eingesetzt wer-den kann.

Voraussetzung ist natürlich, daß weder ein Aufschäumen noch eine Aushärtung erfolgt sind. Durch diese Möglichkeit der Regenerierung des Pulvers ist es möglich, auch bei Teil-en mit geringem Durchmesser die Spritzverluste trotz in-tensiver Absaugung auf unter 45 Prozent zu senken. Wäh-rend des Spritzvorgangs selbst beträgt die günstigste Ent-fernung des Ringbrenners von der Werkstückoberfläche etwa 200 mm. Gespritzt wird im Gegenlauf gegen die sich dre-henden Teile etwas oberhalb der Mittellinie. Die Drehzahlen für die Werkstücke sollten bis zu Spritzbreiten von 40 mm etwa 8 bis 12 min<sup>-1</sup>, bei größeren Breiten etwa 5 min<sup>-1</sup> be-tragen.

Vorwärmtemperatur, Flammgröße und Menge der Be-schleunigerluft sind dann gut aufeinander abgestimmt, wenn nach Beendigung des Spritzvorgangs eine gleichmäßig ver-laufene, poren- und kornfreie Oberfläche vorliegt.

Nach dem Spritzvorgang erfolgt die Aushärtung der Epoxid-harzschicht. Als Wärmequelle sind am besten elektrisch be-heizte Luft-Umwälzöfen mit automatischer Temperaturrege-lung geeignet. Dabei ist die Luftumwälzung zur Vermeidung von schädlichen Wärmestauen von besonderer Bedeutung.

Zur Kontrolle der Vorwärmtemperatur und der aufgetrage-nen Plastschichten sind folgende Geräte erforderlich:

Zur Kontrolle der Vorwärmtemperatur Anlegepyrometer und zur Kontrolle der Schichtdicke der aufgetragenen Plastschicht magnetische Schichtdickenmesser.

Die mechanische Bearbeitung der ausgehärteten Schichten kann durch Drehen oder Schleifen auf Sollmaß erfolgen, wo-bei sich geringere Schnittgeschwindigkeiten als bei der span-abhebenden Bearbeitung von Metallen als vorteilhaft erwie-sen haben. Bei der Bearbeitung ist ausreichend zu kühlen.

### 3. Anwendungsbeispiele, Möglichkeiten und gegenwärtige Grenzen des Plast-Flammsspritzens

Das bereits ausführlich vorgestellte Epoxidharz-Flammsspritz-pulver EFP 22 ist aufgrund seiner großen Härte, relativ guten Wärmeleitfähigkeit, ausgezeichneten Haftfestigkeit, Zähigkeit und Stabilität der ausgehärteten Spritzschichten vor allem gegenüber pulsierender und schlagartiger Belastung be-sonders gut geeignet für die Instandsetzung von verschlis-senen Festlagersitzen. Bei sachgemäßer Durchführung des Spritzvorgangs ist die Nutzungsdauer derartig plastbeschich-teter Festlagersitze größer als die des Originals. Es wurden mit diesem Material auch Versuche durchgeführt, um die Möglichkeiten des Flammsspritzens von verschlissenen Wellendichtringsitzen zu ermitteln. Dabei erweist sich bei höhe-ren Umfangsgeschwindigkeiten die gegenüber Metallen ge-ringere Wärmeleitfähigkeit als das entscheidende Kriterium. So war bei plastbeschichteten Wellendichtringsitzen auf Keil-riemenscheiben, die eine Umfangsgeschwindigkeit von rund 1000 m/min aufweisen, bereits nach einer Laufzeit von 2 h ein Verbrennen der Wellendichtringe und ein Einlaufen der Plastschichten zu verzeichnen. Dagegen waren bei mit EFP 22 beschichteten Wellendichtringsitzen, die mit einer Umfangs-geschwindigkeit von 70 m/min liefen, keine Ausfälle zu ver-zeichnen. Eine endgültige Aussage über kritische Umfangs-geschwindigkeiten bei Wellendichtringsitzen oder zulässige Werte für die Flächenpressung bei Gleitlagersitzen kann je-doch erst nach Durchführung umfangreicher Versuche getrof-fen werden.

Das gegenwärtige Sortiment von Verschleißteilen, die durch Flammsspritzens von EFP 22 instand gesetzt werden, umfaßt u. a. Nockenwellen von Einspritzpumpen (Festlager und Wellendichtringsitze), Zapfwellen, Getriebewellen, Hinterachs-wellen, Getriebeantriebswellen, Kurbelwellen, Achsschenkel-bolzen, Achsschenkel, Antriebswellen für Hydraulikwellen (sämtlich Festlagersitze) und Betätigungswellen für Ge-triebe (Gleitlagersitze). Durch den in letzter Zeit verstärkten Einsatz des Verfahrens ist auch dieses Sortiment ständig in der Erweiterung begriffen.

Der ökonomische Nutzen bei der Verschleißteilstandsetzung durch das Flammsspritzens mit EFP 22 ist natürlich abhängig von der Kompliziertheit der zu beschichtenden Teile. Im Kraftfahrzeug-Instandsetzungswesen rechnet man mit einem Nutzen von 6000,— bis 8000,— M je kg Plastpulver. Als Richtwerte für den Materialbedarf und den Zeitaufwand kön-nen gelten:

Zeitaufwand	= 1 min	für eine zu beschichtende Fläche bis zu 30 cm <sup>2</sup>
	1,5 min	für eine zu beschichtende Fläche bis zu 60 cm <sup>2</sup>
	2 min	für eine zu beschichtende Fläche bis zu 100 cm <sup>2</sup>
Plastbedarf	= 0,3 g	je cm <sup>2</sup> zu beschichtende Fläche. Bei einem gegenwärtigen Preis von 23,— M je kg EFP 22 betragen damit die Materialkosten unter Berücksichtigung der Spritz-verluste 0,007 M je cm <sup>2</sup> beschich-teter Fläche.

Die genannten Werte gelten für eine gespritzte Schicht von 1,2 mm Dicke.

Die Grenzen, die einer universellen Anwendung des Plast-Flammsspritzens bei der Verschleißteilstandsetzung heute noch gesetzt sind, liegen einzig und allein auf dem plast-technischen Sektor. Folgende Hauptforderungen müssen da-her von den Anwendern an die Produzenten der Plastwerk-stoffe gestellt werden:

a) Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit der aufgespritzten Plastschichten

- b) Erhöhung der Temperaturbeständigkeit und damit Senkung der Empfindlichkeit des Plastwerkstoffes gegen Überhitzung durch die Vorwärmung und während des Spritzvorgangs sowie bei der Aushärtung
- c) Entwicklung von Härtersystemen, die eine Aushärtung der Plastschichten bei der Temperatur von etwa 200 °C in maximal 5 bis 10 min ermöglichen.
- d) Verbesserung der Notlaufeigenschaften sowie der mechanischen Eigenschaften der ausgehärteten Plastschichten.

Vor allem die Forderung nach Schaffung von Härtersystemen, die eine kurzfristige Aushärtung der Plastschichten ermöglichen, muß dabei vordringlich erfüllt werden, denn die bei den vorliegenden Epoxidharzen erforderliche Aushärtungszeit von mehreren Stunden erweist sich bei einer kontinuierlichen Durchführung von Plast-Flammspritzarbeiten als Nadelöhr im Produktionsprozeß und macht eine umfassende Mechanisierung unmöglich. Bei solchen Produkten wie dem amerikanischen Scotchcast 260 oder dem schweizerischen Araldit 183/2566 ist dieses Problem der Härtingsbedingungen mit einer Aushärtungszeit von 5 min bei einer Aushärtungstemperatur von 220 °C bereits gelöst. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß diese Pulver nur für Isolationszwecke in der Elektroindustrie entwickelt wurden und im

Verschleißverhalten nicht den Anforderungen entsprechen, die bei der Anwendung zum Zwecke der Verschleißteilinstandsetzung gestellt werden müssen.

#### 4. Schlußbetrachtungen

Das Plast-Flammspritzen stellt ein hochproduktives Verfahren zur Instandsetzung rotations-symmetrischer Verschleißteile dar. Die aufgetragenen Verschleißschichten zeichnen sich aus durch gute Haftfestigkeit, Härte und Zähigkeit und können dazu führen, daß derartig beschichtete Teile eine größere Nutzungsdauer aufweisen als die Originalteile.

Die Forderungen, die an den anlagentechnischen Teil beim Plast-Flammspritzen zu stellen sind, können gegenwärtig in befriedigendem Maße erfüllt werden.

Grundlegende Untersuchungen und Weiterentwicklungen der Plastwerkstoffe, die in enger Zusammenarbeit zwischen Herstellern und Anwendern durchgeführt werden müssen, können in den nächsten Jahren dazu führen, daß die Anwendungsmöglichkeiten des Plast-Flammspritzens auf dem Gebiet der Verschleißteilinstandsetzung noch wesentlich erweitert werden.

A 7900

## Anwendung des Schweißens bei der Instandsetzung von Aluminiumgehäusen<sup>1</sup>

Ing. G. KASTNER, KDT\*

Im folgenden wird die Möglichkeit der Instandsetzung von Teilen aus Aluminium-Gußlegierung behandelt. Aus der Vielfalt der Schadensfälle heraus wurden allgemeine Merkmale der Technologie der Instandsetzung erarbeitet, die sich auch in einigen Beispielen ausdrücken.

Bei der Betrachtung des Problems wird besonders auf die volkswirtschaftliche Bedeutung einer spezialisierten Gehäuseinstandsetzung hingewiesen.

### 1. Schadensanfall und Schadensursachen

Infolge der spezialisierten Baugruppeninstandsetzung innerhalb der VVB Landtechnische Instandsetzung war es relativ leicht möglich, den Anfall der Schäden einiger Gehäusetyper mit Hilfe einfacher statistischer Methoden und aus den Erfahrungen der Instandsetzungsbetriebe zu finden. Der Schadensanfall der untersuchten Gehäuse (Bild 1; Getriebegehäuse des Geräteträgers RS 09 bzw. GT 124 und des Laders T 157) bewegt sich zwischen 4 und 85 Prozent. Bei anderen Gehäusen liegt der prozentuale Anfall erfahrungsgemäß nicht so hoch.

Als Schadensursache wurden festgestellt:

- a) zu schwache Gehäusedimensionierung,
- b) ungünstige Werkstoffübergänge,
- c) falsche Werkstoffwahl,
- d) Fehler im Werkstoff,
- e) Gehäuseüberbeanspruchung und
- f) Demontage- und Montageschäden bei der Instandsetzung.

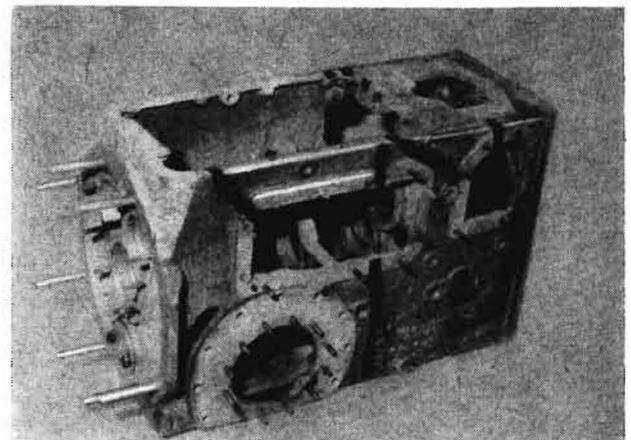
Die Schäden treten am häufigsten in Rißform auf. Wenn größere Spannungen im Gehäuse waren, zeigen sich die Risse mit Versatz.

### 2. Versuchsdurchführung

#### 2.1. Grund- und Zusatzwerkstoff

Aluminiumlegierungen in Form von Kokillenguß (GK) und Sandguß (G), Magnesiumguß und seine Legierungen sowie Aluminiumbronze lassen sich ausgezeichnet WIG-schweißen. Der verwendete Wechselstrom muß allerdings hochfrequent überlagert werden, damit eine vollständige Zerstörung der durch Luftsauerstoff entstehenden Oxidhaut erreicht wird.

Bild 1. Getriebegehäuse des RS 09 bzw. GT 124 und des Laders T 157



\* Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal

<sup>1</sup> Aus einem Vortrag auf der 4. Wissenschaftlich-technischen Tagung „Rationalisierung der Instandhaltung in der sozialistischen Landwirtschaft“ des SKL und des FV „Land- und Forsttechnik“ der KDT am 10. und 11. Dez. 1969 in Leipzig