

Nutzungsdauerbezogene ökonomische Aussagen können derzeit noch nicht getroffen werden. Tafel 5 enthält den Vergleich einiger technisch-ökonomischer Werte. Die Werte sind nur realistisch bei Schichtdicken von 0,15 bis 0,3 mm nach der mechanischen Bearbeitung. Der Zusatzwerkstoff muß beim WRB z. Z. noch von Hand zugeführt werden. Deshalb wächst der Zeitaufwand je Beschichtungsstelle noch um 0,5 bis 1,0 min. Eine Mehrmaschinenbedienung ist aus dem Grund z. Z. kaum möglich.

8. Zusammenfassung

Zwei sowjetische Anlagen zum Widerstands-Rollnaht-Beschichten (WRB) wurden auf ihre Anwendbarkeit für die Bauteilauflaufbereitung landtechnischer Arbeitsmittel untersucht. Bisher wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- Darstellung der Verfahrensgrundlagen
 - Ermittlung der optimalen technologischen Meßwerte und Parameter zum Beschichten von Bauteilen mit Stahlblech und zum Härten
 - Darstellung der Auswirkungen der wichtigsten Einflußgrößen auf den Beschichtungsvorgang
 - Metallographische Untersuchungen und Härtemessungen
 - Zusammenstellung eines Probesortiments
 - Einsatzmöglichkeiten der WRB-Anlagen
 - erste ökonomische Aussagen
 - erste Einschätzung der Verschleiß- und Dauerfestigkeitsuntersuchungen
 - Erstellung einer Rahmentechnologie zum Beschichten mit Stahlblech und zum Härten sowie zur mechanischen Bearbeitung von Bauteilen für den Anwenderbetrieb.
- Das WRB-Verfahren ist auf den Anlagen zum

Beschichten von Festsitzen und Gleitlagerflächen geeignet, wenn die z. Z. laufenden Dauerfestigkeitsuntersuchungen mit positiven Ergebnissen abgeschlossen werden. Eine Aussage über die Anwendung des Verfahrens für Nadellagersitze kann erst nach Abschluß der Untersuchungen getroffen werden.

Das WRB-Verfahren stellt eine Bereicherung der Aufarbeitungsmöglichkeit von Bauteilen dar.

Literatur

- [1] Poljatschenko, A. V.; Kastner, G.; Kulwatz, H.: Widerstandsauftragschweißen von Bauteilen. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 2, S. 82-83.

A 3887

Anwendung von Polyamid bei der Instandsetzung von Einzelteilen

Dipl.-Ing. R. Puttscher, KDT/Dr.-Ing. J. Stibbe, KDT, VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal

Neben den weit verbreiteten Verfahren des Metallklebens, Gießens und Laminierens kommen als plasttechnische Instandsetzungsmöglichkeiten auch Pulverauftragverfahren zum Einsatz. Solche Auftragverfahren sind z. B. das manuelle und mechanisierte Streuen von Plastpulver. Gegenwärtig wird hierbei fast ausschließlich das Epoxidharz-Beschichtungspulver Epilox RZ 50-71 (frühere Bezeichnung: Epilox EFP 60) angewendet, das sich vor allem bei der Instandsetzung von Wälzlagersitzen bewährt hat. Aber auch Beispiele für die Instandsetzung gleitender Lagerungen sowie von Dichtringsitzen an Wellen und Achsen sind hinreichend bekannt. Oft erfolgt die Anwendung des Epilox RZ 50-71 dann, wenn wegen des möglichen Verzugs oder metallurgischer Veränderungen ein Auftragschweißen nicht möglich ist. Bei Untersuchungen zur Anwendung von Polyamidbeschichtungspulver sollte ein Plastwerkstoff nachgewiesen werden, der in größerem Umfang zur Instandsetzung von Gleitlagersitzen einsetzbar ist und somit die bisherige Platanwendung ergänzt.

1. Beschichtungspulver Miramid H

Das Beschichtungspulver Miramid H besteht

aus Polyamid 6 (PA 6). PA 6 ist ein teilkristalliner Thermoplast. Die Produktion erfolgt im VEB LEUNA-Werke „Walter Ulbricht“. Im Gegensatz zu Polyethylen (bekannt unter der Firmenbezeichnung Mirathen) zeichnet sich Polyamid durch höhere Härte, größere Schlagfestigkeit und wesentlich höhere Verschleißfestigkeit aus und sollte daher innerhalb der thermoplastischen Beschichtungspulver bevorzugt angewendet werden. Da es sich um Thermoplaste handelt, ist im Anschluß an die Beschichtung keine thermische Nachbehandlung (Aushärtung) notwendig. Im Gegensatz hierzu ist beim duroplastischen Epoxidharzpulver Epilox RZ 50-71 eine Aushärtung nach der Art der drucklosen Polyaddition erforderlich. Ferner wird die Verschleißfestigkeit neben dem Gehalt an Graphit und anderem Zusatz bei Epilox RZ 50-71 auch durch die Aushärtebedingungen beeinflusst. Hohe Aushärtetemperatur (kurze Härtezeit) bedeutet geringeren abrasiven Verschleiß und umgekehrt [1]. Eine thermische Nachbehandlung von Polyamidschichten im Umgebungsmedium Luft würde hingegen aufgrund der Verdunstung von aufgenommenem Wasser nur zur Versprödung führen und ist demzufolge nicht zweckmäßig.

Der Auftrag von Polyamidbeschichtungspulver ist generell bei einer Temperatur des Einzelteils von 220 bis 380 °C möglich. Je höher die Temperatur des Einzelteils ist, um so höher ist die Oxydationsfreudigkeit der Schmelze. Deshalb und im Interesse der Energieökonomie sollte nur der untere Temperaturbereich von 230 °C bis 240 °C angewendet werden.

Durch Rezepturenentwicklung ist es möglich geworden, ein sehr thixotropes Produkt mit verbesserter Haftung auf Stahloberflächen anzuwenden [2]. Verschleißuntersuchungen [3] bestätigen die Eignung.

2. Anwendungsbeispiele und Aufgabe der Polyamidanwendung

Das Erprobungssortiment umfaßt z. B. Lenkzapfen ZT 303, Pendelbolzen ZT 303, Achsschenkel ZT 300, Achsschenkelbolzen ZT 300, Lenkspindelteile ZT 300 und Achsschenkel MTS-50 (Tafel 1).

Diese Positionen werden gegenwärtig durch andere Aufbereitungsverfahren instand gesetzt. So erfolgt z. B. bei Lenkzapfen ZT 303 ein galvanisches Eisenauftragen und bei Pendelbolzen ZT 300 ein MAG-Auftragschweißen (Tafel 2). Durch die Einzelteilinstandsetzung mit Hilfe von Polyamidbeschichtungspulver sollen Alternativlösungen zu diesen bestehenden Aufbereitungsverfahren geschaffen werden. So soll es möglich werden, auch dann eine qualitätsgerechte Instandsetzung auszuführen, wenn teure Anlagen, z. B. für das galvanische Eisenauftragen oder für das Lichtbogenmetallspritzen, im jeweiligen Betrieb nicht vorhanden sind. Dadurch können der Transportaufwand reduziert und die Verfügbarkeit der in Frage kommenden Einzelteile erhöht werden. Hinsichtlich der Materialökonomie der Polyamidanwendung ist im Vergleich zur Anwendung von Epoxidharz Epilox RZ 50-71 festzustellen, daß die spezifischen Auftragwerkstoffkosten bei Polyamidanwendung rd. 60 % geringer sind als bei der Epoxidharzanwendung. Sie betragen 0,0434 M/cm³ bei Epilox RZ 50-71 und nur

Pos.	Ersatzteilnummer	Benennung des Einzelteils	Nutzungsdauer in h (per 30. Okt. 1982)
1	0630086106	obere Lenkzapfen ZT 303	1 040
2	0630086101	untere Lenkzapfen ZT 303	1 040
3	721021518	Pendelbolzen ZT 303	950
4	030051029	Achsschenkel ZT 300	900
5	030051015	Achsschenkelbolzen ZT 300	900
6	030052022	Lenkspindelmittelteil ZT 300	750
7	030052017	Lenkspindeloberteil ZT 300	2 580
8	50-3001062(63)-A	Achsschenkel MTS-50	1 200

Tafel 1
Erprobungssortiment für Polyamidbeschichtung (teilweise aus [4] entnommen)

0,016 M/cm³ bei Polyamid PA 6 (Miramid H, modifiziert) [5].

3. Technologie der Polyamidbeschichtung

3.1. Technologischer Ablauf

Folgender technologischer Ablauf der Polyamidbeschichtung wurde bei den Erprobungspositionen im VEB PVB Charlottenthal und auch im Versuch des VEB LIW Gardelegen angewendet [5]:

- Teile reinigen
- Schadenaufnahme
- Nachzentrieren
- Verschleißstelle vordrehen bzw. vorschleifen
- alkalische Feinwäsche
- Abdecken zum Strahlen, Strahlen, Entstauben
- Vorwärmen zur Beschichtung
- Polyamidbeschichtung durch mechanisiertes Streuen
- Abkühlen in Wasser, falls Elastizität der Polyamidschicht erhöht werden soll
- Zwischenkontrolle der Beschichtung
- Vordrehen der Schicht
- Fertigdrehen der Schicht
- Endkontrolle
- Reinigen, Baugruppenmontage usw.

3.2. Charakterisierung einzelner Arbeitsgänge

Nachfolgend werden einige Arbeitsgänge näher beschrieben:

● **Feinwäsche/mechanische Vorbehandlung**
Die Oberfläche muß frei von jeder Verunreinigung sein. Die mechanisch-abrasive Vorbehandlung dient dazu, durch Abtrag von Adsorptions- und Reaktionsschichten günstige Bedingungen für die Adhäsion des Polyamids zu schaffen.

● **Vorwärmen zur Beschichtung**
Die Art der Vorwärminrichtung ist u. a. von der Stückzahl der zu beschichtenden Teile sowie von deren Abmessungen abhängig. Anwendbar sind z. B. Öfen der EWAL-Serie des VEB Industrieofenbau Aue. Die Temperatur der Einzelteile beträgt vor dem Beschichten 230 bis 240 °C.

● **Beschichtung**
Die Beschichtung ist sowohl durch manuelles als auch durch mechanisiertes Streuen möglich. Die vom VEB LIW Gardelegen entwickelten und i. allg. bekannten Streuanlagen für Epilox RZ 50-71 sind auch für Polyamidpulver einsetzbar. Derartige Anlagen werden z. B. in [6 bis 9] beschrieben. Aufgrund geringerer Aufschmelzgeschwindigkeit sind bei der Anwendung von PA 6-Rezepturen nur geringere Auftragschichtdicken als bei Epilox RZ 50-71 möglich (Tafel 3). Für viele Anwendungsfälle sind die erreichbaren Schichtdicken jedoch ausreichend.

● **Mechanische Bearbeitung der Polyamidschicht**
Zum Drehen der Polyamidschichten hat sich der Stahl HG 012 gut bewährt [5]. Die erreichbaren Rauhtiefen R_i liegen generell zwi-

Tafel 2
Beispiele für Einzelteile und Instandsetzungsverfahren

Benennung des Einzelteils	Instandsetzungsverfahren
Achsschenkel ZT 300	- galvanisches Eisenauftragen - Plastpulverstreuen (Epilox RZ 50-71)
Pendelbolzen ZT 303	MAG (CO ₂)-Auftragschweißen
obere und untere Lenkzapfen ZT 303	galvanisches Eisenauftragen

Tafel 3
Erreichbare Schichtdicken bei manueller Beschichtung durch Streuen [5] (Beschichtungstemperatur 230 bis 240 °C)

Benennung des Einzelteils	Durchmesser der Verschleißstelle mm	Dicke der rohen Schicht mm
Achsschenkelbolzen ZT 300	(1) 40	0,60 ... 0,950
	(2) 50	0,80 ... 1,250
Achsschenkel ZT 300	(1) 35	0,70 ... 0,975
	(2) 55	1,15 ... 1,350
oberer Lenkzapfen ZT 303	63	1,00 ... 1,400
unterer Lenkzapfen ZT 303	40	0,70 ... 1,000
Pendelbolzen ZT 303	(1) 50	0,80 ... 1,400
	(2) 60	1,20 ... 1,625
	(3) 60	1,20 ... 1,625
	(4) 70	0,90 ... 1,375

Tafel 4
Gegenüberstellung von Originaltoleranz und Toleranzneufestlegung [5] (Beispiele für Festlagersitze)

Benennung	Toleranz des Neuteils (Herstellangaben) mm	Toleranz des instand gesetzten Teils (Toleranzentfeinerung) mm
unterer Lenkzapfen ZT 303	∅ 40 -0,025	∅ 40 +0,06
	-0,041	+0,015
Achsschenkel ZT 300	0	∅ 35 +0,06
	-0,016	+0,015
	+0,012	∅ 55 +0,06
	-0,007	+0,015

schen 6,4 und 16 µm, wenn folgende Daten eingehalten werden:

- Vorschub 0,10 bis 0,35 mm/U
- Schnittgeschwindigkeit 560 bis 1160 mm/s
- Schnitttiefe 25 bis 75 % der Schichtdicke.

Ebenso wie bei der Anwendung des französischen Produkts Rilsan (PA 11) in der UVR (Ergebnisse s. [10]) ist charakteristisch, daß eine dem Bearbeitungsverfahren „Drehen“ entsprechende Toleranzentfeinerung vorgenommen werden kann (Tafel 4).

Das Aufziehen der Lager erfolgt trotz der geänderten Toleranz ohne Schwierigkeiten. Die Toleranzfestlegung kommt einem festen Sitz der Lager zugute. Außerdem wird die Nutzungsdauer bis zum Erreichen der Aussonderungsgrenze erhöht, da mehr Fließweg vorhanden ist.

4. Zusammenfassung

Im Artikel werden Anwendungsmöglichkeiten von Polyamidbeschichtungspulver in der Einzelteilinstandsetzung gezeigt und die Technologie der Polyamidbeschichtung charakterisiert. Als eine Alternativlösung zur Anwendung von Epilox RZ 50-71 sowie anderen Auftragarten wird die Polyamidbeschichtung in Zukunft mehr an Bedeutung gewinnen.

Literatur

- [1] Weiske, U.: Untersuchungen zum Verschleißverhalten von Plastwerkstoffen. IHS Zwickau, Diplomaufgabe 1982.

[2] Puttscher, R.: Untersuchungen zur Stabilisierung und Gangbarmachung der Polyamidandwendung hinsichtlich Verarbeitungsverhalten. VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Bericht 9/1981.

[3] Hafermann, U.: Untersuchung des Reibungs- und Verschleißverhaltens von Polyamidschichten. Technische Hochschule Magdeburg, Großer Beleg 1982.

[4] Göhner, G.: Erprobung instand gesetzter Einzelteile. VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Erprobungsbericht 1982.

[5] Puttscher, R.; Starkow, K.: Versuche zur Polyamidbeschichtung in Zusammenarbeit mit VEB LIW Gardelegen/Vorläufige Technologien. VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Bericht 6/1982.

[6] Straßburg, V.: Verfahrenskennblatt Plastpulverstreuen. Dokumentation des VEB LIW Gardelegen 1976.

[7] Puttscher, R.: Verfahrenskennblatt Plastpulverstreuen. Dokumentation des VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal 1981.

[8] Puttscher, R.; Stibbe, J.; Kanzler, S.: Stand und Perspektiven der Anwendung von Plastwerkstoffen bei der Einzelteilinstandsetzung. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 5, S. 224-226.

[9] Katalog „Sonderausstellung des RGW für moderne Ausrüstungen der Instandhaltung des Landmaschinen- und Traktorenparcs“. Hrsg.: Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft 1981.

[10] Vadasz, E.: Untersuchung der tribologischen Zusammenhänge von Polymerschichten. ZPEV Brandenburg-Kirchmöser, Dokumentation 1979.