

# Instandsetzen von Anlagenteilen der Tierproduktion durch Metallspritzen

Dr.-Ing. A. Stirl/Ing. J. Struck/Dipl.-Ing. E. Mawick  
Sondermaschinen und Umwelttechnik GmbH Charlottenthal

## Problemstellung

Die meisten Einzelteile und Baugruppen der Ausrüstung von Tierproduktionsanlagen sind während ihrer Nutzung einer hohen korrosiven Belastung ausgesetzt. Darüber hinaus sind häufig die Abnutzungsarten Korrosion und Verschleiß überlagert wirkend anzutreffen. Derzeitig ist die Feuerverzinkung, in seltenen Fällen die Kombination Feuerverzinkung/Anstrichsystem, das wirksamste Korrosionsschutzsystem, das großtechnisch angewendet werden kann. Demzufolge wird bei verschleiß- und korrosionsbeanspruchten Anlagenteilen in mehr oder weniger kurzer Zeit die relativ weiche Zinkschicht an den verschleißbeanspruchten Stellen abgetragen. Die ungeschützten Stellen werden dann durch die kombinierte Wirkung von Korrosion und Verschleiß sehr schnell abgenutzt. Häufig wird nur ein Teil der Ausrüstung (rd. 10 bis 50 %) durch diese kombinierte Abnutzung geschädigt, so daß bei einer Verschrottung noch nutzbare Materialressourcen verlorengehen. Die Standausrüstungen sind ein typisches Beispiel für diese Verschleißfälle. Bisherige Instandsetzungsvarianten hatten den Nachteil, daß nach der figurellen Instandsetzung des Einzelteils keine der Feuerverzinkung gleichwertigen Korrosionsschutzsysteme aufgebracht werden konnten. Daher erreichten diese instand gesetzten Einzelteile i. allg. nur einen geringen Anteil der Nutzungsdauer von Neuteilen.

## Lösungsweg

Im Ergebnis langjähriger Untersuchungen im damaligen Prüf- und Versuchsbetrieb (jetzt Sondermaschinen und Umwelttechnik GmbH) Charlottenthal wurde nachgewiesen, daß metallisch beschichtete instand gesetzte Anlagenteile eine hohe Korrosions- und Verschleißbeständigkeit aufweisen, die sogar der Feuerverzinkung überlegen ist. Für einen ersten umfangreichen Praxisversuch wurden die Kotroste der Gruppenaufzucht Käfige für Schweine verwendet. Auf unverzinkte Roste wurde eine Korrosionsschutzschicht aus Zink mit einer Dicke von 40 bis 60 µm gespritzt, bevor dann Aluminium als Verschleißschutzschicht mit einer Dicke von 150 bis 250 µm aufgebracht wurde. Aufgrund der in den Anlagen vorherrschenden Bedingungen und guten Korrosionsschutzeigenschaften von Aluminium im Bereich des pH-Wertes von 4 bis 8 wurde auf das Vorspritzen von Zink bei weiteren Versuchsserien verzichtet. Parallel zu diesen beschichteten Kotrosten wurden verzinkte Originalteile in der gleichen Käfigbatterie eingesetzt. Nach 632 Tagen (1,75 Jahre) war der Zink der Originalausführung abgetragen, nach weiteren 280 Tagen mußten diese Roste nach einer Gesamtnutzungsdauer von 912 Tagen (2,53 Jahre) ausgetauscht und mit Löchern in den Laufflächen verschrottet werden. Die metallbespritzten Roste waren nach einer Nutzungsdauer von 1169 Tagen noch durch eine Schutzschicht mit einer Dicke von durchschnittlich 108 bis 173 µm geschützt

(Tafel 1). Eine grobe Schätzung der mittleren Grenznutzungsdauer der gespritzten Kotroste unter der Annahme einer linearen Abnutzungscharakteristik weist das 2,7- bis 3,9fache des Wertes der originalen feuerverzinkten Variante aus. Selbst wenn nur die doppelte Nutzungsdauer der metallgespritzten Kotroste und ihr Industrieabgabepreis als Instandsetzungspreis angenommen werden, sind die erreichbaren ökonomischen Effekte überzeugend. Weiterhin entfällt mindestens ein aufwendiger Wechsel der Kotroste. Voraussetzung ist jedoch, daß die Kotroste vor dem Erreichen der Aussonderungsgrenze nach der ersten Nutzungsperiode ausgetauscht werden.

## Verfahren des Metallspritzens

Beim Korrosionsschutz werden grundsätzlich zwei Prinzipie unterschieden (Verwendung abdeckender Überzüge und galvanischer Rostschutz). Beim galvanischen Rostschutz muß je nach Richtung des Stromflusses zwischen einem anodischen und einem kathodischen Schutz unterschieden werden. Metallspritzen ist oder kann zugleich abdeckender und galvanischer Überzug sein. Das Problem der Auffindung geeigneter kathodischer Metalle ist dabei wesentlich geringer als die Frage, wie sich besonders bei großen Werkstücken die Überzüge sicher und wirtschaftlich aufbringen lassen. Metallspritzen ist ein Sammelbegriff verschiedener Verfahren, mit denen metallische Werkstoffe auf einen beliebigen Grundwerkstoff aufgebracht werden.

Dabei werden folgende Verfahren unterschieden:

- Flammsspritzen
- Lichtbogenspritzen.

## Flammsspritzen

Das Flammsspritzen wird mit der Azetylen-Sauerstoff- oder Propan-Sauerstoff-Flamme durchgeführt. Mit der erreichbaren Temperatur der Flamme können neben Aluminium und Zink auch andere Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt verspritzt werden. Die für das Flammsspritzen verwendeten Pistolen bieten

die gleiche Sicherheit wie ein normaler Schweißbrenner. Das Gas wird nach dem Injektorprinzip gemischt. Der Vorschub (Transport) des zu verspritzenden Werkstoffs, der in Drahtform der Flamme zugeführt wird, erfolgt durch ein stufenlos regelbares Getriebe. Die von der Flamme aufgeschmolzenen Metallteilchen werden entweder mit Hilfe von Druckluft oder Schutzgas bei einem Druck von 0,35 bis 0,50 MPa gegen die aufgerauhte Oberfläche des Werkstücks geschleudert, das mit einem thermischen Überzug versehen werden soll. Wie bei einem Farbanstrich hat beim Flammsspritzen eine gute Haftgrundvorbereitung wesentlichen Einfluß auf die Qualität, besonders auf die Haftfestigkeit des metallischen Überzugs. Dabei ist es erforderlich, durch Strahlen die Oberfläche nicht nur zu reinigen, sondern auch auf eine Tiefe von 25 bis 40 µm aufzurauchen (Säuberungsgrad SG 3).

## Lichtbogenspritzen

Unter Lichtbogenspritzen versteht man ein Verfahren, bei dem der Spritzpistole der Zusatzwerkstoff in zwei Drähten zugeführt wird, die gleichzeitig als Elektroden für den Lichtbogen dienen. Die beiden Drähte schmelzen unter der Hitze des Lichtbogens an ihren Enden ab, und die Schmelze wird durch ein Treibgas, Druckluft oder Schutzgas auf das Werkstück geschleudert. Wegen der elektrischen Leitfähigkeit, die der zum Abbrand notwendige Lichtbogen vom Spritzmaterial erfordert, können hier nur metallische Werkstoffe verarbeitet werden. Da mit dem Lichtbogenspritzen eine hohe Abschmelzleistung erzielt wird, ist mit diesem Verfahren gegenüber dem Flammsspritzen eine 2- bis 2,5fache Spritzleistung erreichbar. Die Investitionskosten sind dagegen beim Lichtbogenspritzen höher. Da beim Lichtbogenspritzen eine Temperatur von mehr als 4000 °C erreicht wird, können außer Zink und Aluminium auch andere Drähte, wie z. B. aus hochlegierten Stählen, Bronze, Molybdän u. a., verspritzt werden, die sich beim Flammsspritzen nicht mehr verarbeiten lassen. Die im Lichtbogen ge-

Tafel 1. Einsatzergebnisse metallgespritzter Kotroste von Gruppenaufzucht Käfigen

Nutzungs- dauer	Schichtdicke der metallischen Spritzschicht			Bemerkungen zum Einsatzverhalten der Originalroste als Vergleich	
	Versuchs- stall 1 <sup>1)</sup>	Versuchs- stall 2 <sup>2)</sup>	Versuchs- stall 3 <sup>3)</sup>		
d	a	µm	µm	µm	
0	0	n. g. <sup>4)</sup>	n. g.	n. g.	Zinkschicht 40...70 µm
194	0,53	220	230	219	
414	1,13	209	206	203	
501	1,37	201	203	196	
593	1,62	192	195	183	
829	2,27	126	n. g.	n. g.	nach 632 Tagen vollständiger Abtrag der Feuerverzinkung nach 912 Tagen Verschrottung der Originalroste (durchlöchert)
1 159	3,18	108	173	160	
1 233	3,38	— <sup>5)</sup>	160	— <sup>5)</sup>	
1 518	4,16		146		

1) Mittelwert von 8 Meßstellen, 2) Mittelwert von 14 Meßstellen, 3) Mittelwert von 12 Meßstellen,

4) n. g. nicht gemessen, 5) Meßstellenanordnung durch Betreiber verändert, Abbruch der Meßreihe

schmolzenen Teilchen sind größer, haben eine höhere Geschwindigkeit und Temperatur. Sie verzahnen gut und haften demzufolge besser mit dem Grundwerkstoff. Die Porenbildung ist dadurch geringer. Deshalb kann die Dicke lichtbogengespritzter Korrosionsschutzschichten um rd.  $\frac{1}{3}$  gegenüber der Dicke vergleichbarer flammgespritzter Schichten reduziert werden.

### Verfahrenstechnische Entwicklungsarbeiten und Überleitung in die Produktion

Aus eigenen Erfahrungen und Ergebnissen von Literaturrecherchen kann eingeschätzt werden, daß das Flammgespritzen als Werkstattverfahren durchaus zukünftig in größerer Breite Anwendung finden kann, um besonders stationäre Anlagen vor Ort bzw. ein breites Sortiment in geringen Stückzahlen in entsprechend ausgerüsteten Betriebswerkstätten beschichten zu können. Beispielsweise wird in Zuckerfabriken seit einiger Zeit das Flammgespritzen zur Instandsetzung von Dekanteranlagen mit Erfolg angewendet. Flammgespritzpistolen und entsprechen-

der Spritzdraht sind verfügbar. Bisher kamen die Pistolentypen LEHAL MII-64 und MI-64 zum Einsatz, die künftig durch die Weiterentwicklung LEHAL/ZIS 14-41 abgelöst werden sollen. Sollten größere Stückzahlen beschichtet werden, können aus arbeitswirtschaftlichen und ökonomischen Gründen nur hochproduktive Lichtbogenspritzanlagen genutzt werden. Diese Technik bietet vor allem auch Möglichkeiten zur weiteren Automatisierung dieses Instandsetzungsverfahrens.

Gegenwärtig werden Entwicklungsarbeiten zur Erstellung der Technologien zum Beschichten von Elementen der Gruppenaufzuchtkäfige durchgeführt. Dabei erfolgt das Lichtbogenspritzen mit dem Einsatz importierter Anlagentechnik. Zur Praxisumsetzung dieser Ergebnisse wird im Jahr 1990 eine Pilotanlage zur spezialisierten Instandsetzung von Kotrosten der Gruppenaufzuchtkäfige errichtet und in Betrieb genommen. In der folgenden Zeit werden dann die Erweiterung des Instandsetzungssortiments sowie die Erschließung von Möglichkeiten der Automati-

sierung den Schwerpunkt der Arbeiten bilden.

Das Metallspritzen wird aber auch im Rahmen der Erhöhung der Qualität und des Gebrauchswertes neuer Anlagenerzeugnisse notwendig werden, um bereits bei der Herstellung einen wirksamen Korrosionsschutz aufzubringen. Die Sondermaschinen und Umwelttechnik GmbH Charlottenthal bietet Interessenten für das Metallspritzen zukünftig das technologische Know-how zur Einrichtung von Strahl- und Spritzarbeitsplätzen sowie die Lieferung von Spezialausrüstungen für das Strahlen und die Entsorgung von Metallstäuben an.

### Zusammenfassung

Das Metallspritzen, besonders von Aluminium, hat in der Zukunft große Bedeutung bei der Instandsetzung von Anlagentechnik der Tierproduktion. Für die spezialisierte Instandsetzung wird nur das Lichtbogenmetallspritzen Anwendung finden können, während das Flammgespritzen für Werkstatt- bzw. Baustellenarbeiten einsetzbar ist. A 5950

## Anwendung der Pyrometermeßtechnik bei der Überprüfung von Elektroanlagen

Dipl.-Ing. H. Meißner, Landtechnik und Anlagenbau Potsdam GmbH, Niederlassung Pritzwalk  
Ing. D. Klemmer, Sondermaschinen und Umwelttechnik GmbH Charlottenthal

### Verfahren und Gerätetechnik

Unter Pyrometrie versteht man die berührungslose punktweise Erfassung von Temperaturverteilungen durch Messung der Wärmestrahlung.

Von der Meßgeräte GmbH Magdeburg werden verschiedene Pyrometer für unterschiedliche Einsatzfälle und Meßbereiche produziert.

Im Bereich der Landwirtschaft wurden die zwei Geräte HPN und HPA erfolgreich erprobt. Beide Geräte sind mit ihren technischen Daten in Tafel 1 dargestellt.

### Überprüfung von Elektroanlagen

In Elektroanlagen verursachen höhere elektrische Übergangswiderstände eine Wärmeentwicklung und damit örtlich eine erhöhte Temperaturabstrahlung, die zum Nachweis von Korrosionserscheinungen und anderen Fehlern an Kontaktstellen, z. B. losen Klemmverbindungen, genutzt werden können. In der Tierproduktionsanlagen werden fol-

gende hochbelastete Energieverteilungsanlagen mit den Elementen Trenner, Lastschalter, Stromwandler, NH-Sicherungen und deren Klemmverbindungen in die Überprüfung mit Pyrometermeßtechnik einbezogen:

- Haupteinspeisung
  - Notstromanlage
  - Kompensationsanlage
  - Verteilungsanlagen der Milchkühlung, Fütterung, Entmistung und Lüftung.
- Dabei sind nachgenannte Meßbedingungen zur Verringerung von Meßunsicherheiten zu beachten:
- Die Überprüfung von Elektroanlagen in den Landwirtschaftsbetrieben erfolgt durch eine Vergleichsmessung zwischen den 3 Außenleitern  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  bei einer Emissionsgradeinstellung von  $\epsilon = 1$ .
  - Voraussetzung für die Überprüfung von Elektroanlagen ist deren möglichst gleichmäßige Strombelastung von  $> 50\%$  der Nennleistung.
  - Meßentfernung

- Umgebungstemperatur
- Umgebungsstrahlung
- Größe des Prüfobjekts.

Die Bewertung der Meßergebnisse erfolgt durch Einordnung in Fehlergruppen auf der Grundlage der Erwärmung des Anschlusses gegenüber dem angeschlossenen Leiter:

Fehlergruppe I:	0...10 K
Fehlergruppe II:	10...35 K
Fehlergruppe III:	35...70 K
Fehlergruppe IV:	> 70 K.

Entsprechend der Fehlergruppe wird die Dringlichkeit der Instandsetzungsmaßnahme festgelegt:

- Gruppe I: keine Maßnahmen
- Gruppe II: Instandsetzung bei nächster Revision bzw. planmäßiger Wartung
- Gruppe III: wie Gruppe II; bei einer Leistungsauslastung  $I > 60\%$  innerhalb eines Monats

Gruppe IV: sofortige Instandsetzung.  
In der Sondermaschinen und Umwelttechnik GmbH (früher Prüf- und Versuchsbetrieb)

Tafel 1. Technische Daten der Pyrometer

		HPN	HPA
Meßbereich	°C	0...200	0...900
Temperaturauflösung	K	$\pm 0,1$	$\pm 1$
Grundfehler vom Endwert	%	1	1
Arbeitsspektralbereich	$\mu\text{m}$	2...35	8...9
Arbeitsabstand	m	0...2	0...4
kleinster Meßfleckdurchmesser	mm	15	7
Einstellzeit	s		1,5
Masse	kg		1,5
Stromversorgung			Batteriebetrieb

Tafel 2. Zusammenstellung der Ergebnisse von Überprüfungen der Elektroanlagen in 6 industriemäßigen Anlagen der Tierproduktion

Überprüfungs-jahr	Anzahl der Prüf-objekte	Einstufung der Fehlergruppe I		Überprüfungsergebnisse Fehlergruppe II		Fehlergruppe III		Fehlergruppe IV	
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
1985	344	192	55,8	121	35,2	26	7,6	5	1,4
1986	837	627	73,3	179	23,0	29	3,4	2	0,3
1987	407	264	64,8	142	34,9	1	0,3	0	0
1988 <sup>1)</sup>	654	586	88,6	66	10,1	2	0,3	0	0

1) bei der Auswertung konnten die Ergebnisse nur bis zum 30. Oktober 1988 berücksichtigt werden