

halten und der zulässigen Wiederholbarkeit besteht ein unmittelbarer Zusammenhang. Liegt am Einzelteil nach der Wiederkehrzeit geringer Verschleiß vor, wird die Wiederholbarkeit der ETI weitaus höher sein als bei hohem Verschleißbetrag, denn es kann angenommen werden, daß diese Teile höheren dynamischen Belastungen ausgesetzt gewesen sind. Hierzu sind noch weitere wissenschaftliche Untersuchungen notwendig.

4. Zusammenfassung

Infolge der verlängerten Nutzungsdauer landtechnischer Arbeitsmittel gewinnt die Einzelteilinstandsetzung immer mehr an Be-

deutung. Um der gesellschaftlichen Anforderung gerecht zu werden, 50% des Ersatzteilbedarfs aus instand gesetzten Einzelteilen abzudecken, sind Überlegungen durchzuführen, inwieweit das ETI-Sortiment erweitert werden kann. Untersuchungen ergaben, daß auch Sicherheitsteile in die ETI einzubeziehen sind, denn auch sie sind prinzipiell instandsetzungswürdig und instandsetzungsfähig. Da der Wiederholfaktor der ETI einen entscheidenden Einfluß auf die Zuverlässigkeit eines Einzelteils hat, bietet die dargestellte Vorgehensweise die Möglichkeit, die Wiederholbarkeit der ETI an konkreten Positionen zu untersuchen.

Literatur

- [1] Ihle, G.; Opitz, B.: Untersuchung des volkswirtschaftlichen Effekts der Verwendung von instand gesetzten Einzelteilen. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 12, S. 551-553.
- [2] Petersohn, H.-J.: Beitrag der Landmaschinenindustrie zur weiteren Verbesserung der Materialökonomie durch die Einzelteilinstandsetzung. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 12, S. 557-559.
- [3] Schilling, U.: Beitrag zum analytischen Betriebsfestigkeitsnachweis auf der Grundlage von Normkollektiven des Landmaschinen- und Traktorenbaues. TU Dresden, Sektion 13, Dissertation 1976. A 4517

Technologische Fortschritte bei der Instandsetzung von Einzelteilen mit Hilfe des galvanischen Eisenauftrags

Dozent Dr.-Ing. G. Kamenarow, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung
Dr.-Ing. A. Ponomarjew, Technische Hochschule Nowgorod, UdSSR

Verwendete Formelzeichen

D_a	A/dm ²	Anodenstromdichte
D_k	A/dm ²	Kathodenstromdichte
D_v	A/l	volumenbezogene Stromdichte
I_a	A	Anodenstrom
I_k	A	Kathodenstrom
S_k	dm ²	Oberfläche der Kathode
β		Asymmetriekoeffizient
ϑ	°C	Temperatur des Elektrolyten

1. Einleitung

Der galvanische Eisenauftrag gehört zu den progressiven Verfahren, mit denen verschlissene Stahlteile von LKW, Traktoren und Landmaschinen qualitätsgerecht instand gesetzt werden können. Die relativ hohe Auftraggeschwindigkeit der sich dendritisch ausscheidenden Schicht (bis 0,5 mm/h), die einfache chemische Zusammensetzung und die stabile Konzentration des Elektrolyten sowie die Möglichkeit der breiten Variation der Härte der Auftragschicht (je nach Verfahrensparameter zwischen 1200 bis 6500 MPa) gehören zu den Vorteilen dieses Verfahrens. Um es noch effektiver zu gestalten, werden gegenwärtig vielseitige technologische Entwicklungen betrieben.

2. Senkung der Temperatur des Elektrolyten

Die Notwendigkeit der Erwärmung des Elektrolyten bei der Eisenausscheidung auf 60 bis 95°C zählt zu den wesentlichen Nachteilen des Verfahrens. Der Auftrag aus dem kalten Elektrolyten ist bei Kathodenstromdichten von $D_k = 0,1 \dots 3,0$ A/dm² grundsätzlich möglich, führt jedoch zur wesentlichen Senkung der Produktivität. Zu den neuesten Maßnahmen zur Beseitigung dieses Nachteils gehört die Anwendung asymmetrischer Ströme [1], die zu einer wesentlichen Zunahme der Kathodenstromdichte bei einer Temperatur des Elektrolyten von $\geq 20^\circ\text{C}$ führt. Die Form des asymmetrischen Stroms zeigt Bild 1.

Zur Charakterisierung des Verfahrens werden die zwei Parameter Kathodenstromdichte $D_k = I_k/S_k$ und der Asymmetriekoeffizient $\beta = I_k/I_a = D_k/D_a$ herangezogen.

Zu Beginn des Auftragprozesses müssen $D_k = 20$ A/dm² und $\beta = 1,25$ betragen. Dabei wird an den instand zu setzenden Flächen sehr intensiv Wasserstoff ausgeschieden und hiermit die Fläche aktiviert. Die Auftraggeschwindigkeit ist während des Prozeßbeginns gering. Erst danach wird der Asymmetriekoeffizient mit einer Anstiegsgeschwindigkeit von $1 \beta/\text{min}$ bis zu $\beta = 8 \dots 10$ vergrößert. Bei dieser Prozeßregelung nimmt der Eisenauftrag rasch zu.

Bei kleineren Werten des Koeffizienten entstehen Eisenschichten, die sehr kleine innere Spannungen und hohe Plastizität aufweisen. Die Adhäsion der galvanisch aufgetragenen Eisenschicht mit dem Grundwerkstoff ist sehr gut.

Das elektrische Schema für die Erreichung der Stromasymmetrie zeigt Bild 2. Die Größen der kathodischen und anodischen Bereiche des asymmetrischen Wechselstroms werden durch den Autotransformator ATR realisiert und die Größe des anodischen Bereiches durch den veränderlichen Widerstand R. An den Amperemetern A_1 und A_2 können die Mittelwerte des kathodischen bzw. anodischen Stroms abgelesen werden.

Da der Elektrolyt nicht erwärmt werden muß, werden die konstruktive Ausführung des galvanischen Bades vereinfacht und Energie eingespart. Dabei verbessern sich die Arbeitsbedingungen der Werk tätigen.

Die Arbeit mit kaltem Elektrolyten erfordert jedoch eine sehr strenge Einhaltung der technologischen Bedingungen.

3. Optimale Auslastung der galvanischen Bäder

Eine große Bedeutung für die Optimierung der Technologie des Eisenauftrags hat die volle Auslastung des Volumens des galvanischen Bades. Diese ist durch die zulässige Stromdichte begrenzt.

Nach [2] werden qualitätsgerechte Eisenauftragschichten bei $D_v = 2 \dots 3$ A/l ausgebildet. Eine darunter liegende Stromdichte führt zu einer nicht voll produktiven Ausla-

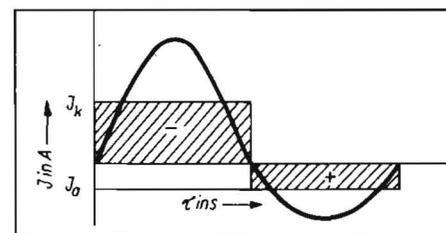


Bild 1. Form des asymmetrischen Wechselstroms

stung des Bades. Bei zu hohen Werten von D_v (> 3 A/l) kommt es zu einem intensiven Dendritenwachstum an den Ecken und Kanten der aufzutragenden Fläche, das zur Verringerung der allgemeinen Schichtdicke und hiermit zu Ungleichmäßigkeiten des Auftrags führt.

4. Vervollkommnung der Oberflächenvorbereitung der Einzelteile für den galvanischen Eisenauftrag

Die instand zu setzenden Teile werden vor dem Auftrag einer Oberflächenvorbereitung unterworfen (Anodenbeizung). Bei Teilen, die eine hohe Härte, komplizierte Konturen und große Ausmaße aufweisen und leicht sind, erfolgt die Beizung am effektivsten in einem Chloridelektrolyt. Dabei scheidet sich Anodenschlamm ab, der in 30%iger H_2SO_4 -Lösung beseitigt wird.

Neuere Untersuchungen [3] befassen sich mit der Beseitigung des Anodenschlammes unmittelbar im Eisenelektrolyt in Abhängigkeit von den Bedingungen des ablaufenden Prozesses. Der dabei erhaltene Reinheitsgrad wurde nach der Methode der Reflexion des Lichtes an der Metalloberfläche nach der Beseitigung der Schlammsschicht ermittelt. Das reflektierte Licht wurde mit Hilfe einer Fozelle aufgenommen. Die ermittelten Abhängigkeiten zwischen der Spannung U und der Temperatur ϑ bzw. der Anodenstromdichte D_a geben die Bilder 3 und 4 wieder. Der Anodenschlamm, der sich bei Tempera-

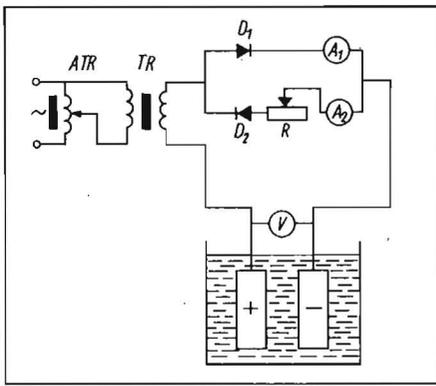


Bild 2. Schema der galvanischen Anlage bei Anwendung asymmetrischer Ströme; ATR Autotransformator, TR Hochleistungstransformator, D_1 , D_2 Hochleistungsdioden, R veränderlicher Widerstand, A_1 , A_2 Amperemeter, V Voltmeter

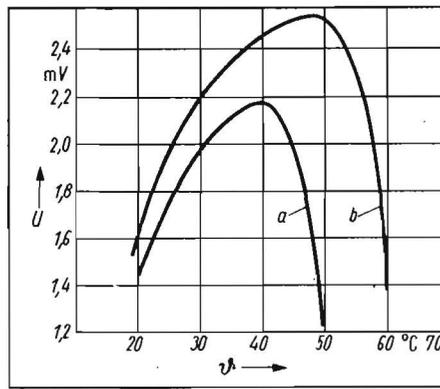


Bild 3. Reinheit der Oberfläche (Beseitigung des Anodenschlammes) in Abhängigkeit von der Temperatur des Elektrolyten; a bei einer Stromdichte von 40 A/dm^2 b bei einer Stromdichte von 50 A/dm^2

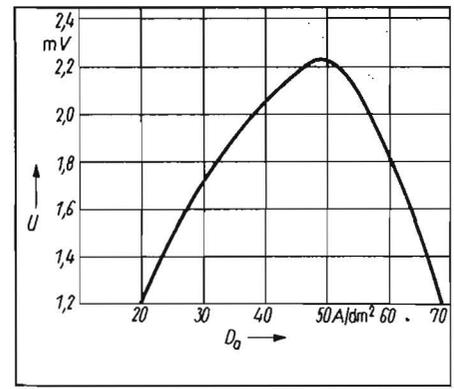


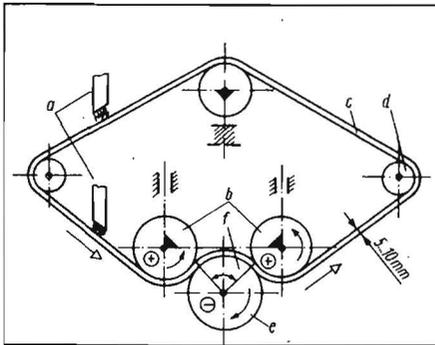
Bild 4. Reinheit der Oberfläche (Beseitigung des Anodenschlammes) in Abhängigkeit von der Anodenstromdichte

turen des Elektrolyts von 30 bis 40°C und bei einer Anodenstromdichte von 30 bis 60 A/dm^2 ausscheidet, weist eine schwache Haftung mit dem Grundwerkstoff der Teile auf. Seine Beseitigung wird durch die Wasserstoffausscheidung bei der Anwendung von asymmetrischem Strom ($D_k = 15 \dots 20 \text{ A/dm}^2$, $\beta = 1,05 \dots 1,15$) sehr erleichtert. Der Schlamm fällt in den Elektrolyt und wird durch die Filterung beseitigt. Dieses Verfahren führt zusätzlich zur Steigerung der adhäsiven Festigkeit mit dem Grundwerkstoff auf 225 MPa .

5. Kontinuierliches Kontakt-Auftragverfahren

Der galvanische Eisenauftrag auf große und

Bild 5. Schema des kontinuierlichen Kontakt-Auftragverfahrens; a Elektrolytzuführung auf beiden Seiten des Trägerbandes, b Scheibenanoden, c endloses Trägerband (saugfähige Filz- bzw. Gewebematerialien), d Umlenkrolle, e instand zu setzendes Teil (Kathode), f Berührungswinkel der Kathode mit dem Band (80 bis 110°)



kompliziert aufgebaute Teile ist schwer realisierbar. Um die Technologie hierfür zu vereinfachen und in einigen Fällen den Eisenauftrag überhaupt zu ermöglichen, wurde das kontinuierliche Kontakt-Eisenauftragverfahren entwickelt [4, 5]. Das Schema dieses Verfahrens zeigt Bild 5. Das instand zu setzende Teil e wird drehbar gespannt. Als Anode dienen drehbare Scheiben b, die außerdem die Möglichkeit einer vertikalen Verstellung aufweisen. Das saugfähige endlose Trägerband c wird zwischen den Anoden und dem Werkstück geführt. Der Elektrolyt wird dosiert durch eine Zuleitung a auf die Innen- und Außenflächen des Bandes verteilt. Die Maximalgeschwindigkeit der Eisenausscheidung beträgt $0,01 \text{ mm/min}$. Die in der UdSSR bereits arbeitenden Anlagen, die nach dem Baukastenprinzip aufgebaut sind, gestatten es, den Bandverschleiß auf ein Minimum zu halten. Das Verfahren bietet noch den großen Vorteil, daß die auscheidenden Gase und die durch den Elektrolyseprozeß entstandene Wärme von der Auftragzone abgeführt werden. Der verwendete Elektrolyt wird durch folgende Parameter charakterisiert:

- $150 \text{ g/l FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- 250 bis $300 \text{ g/l FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- pH-Wert = $0,9 \dots 1,2$
- $D_k = 20 \dots 50 \text{ A/dm}^2$
- $\vartheta = 20 \dots 35^\circ\text{C}$.

Die Umfangsgeschwindigkeit an der Auftragsstelle beträgt 20 bis 40 m/min .

6. Zusammenfassung

Unter der großen Anzahl der galvanischen Verfahren nimmt der Eisenauftrag (auch Aufstählen genannt) eine besondere Stellung ein. Besonders vorteilhaft ist, daß das Verfahren den volkswirtschaftlichen Anforder-

ungen zur Einsparung von solchen Elementen wie Nickel und Chrom gerecht wird und dabei für die Belange des Gleitverschleißes gut geeignet ist. Um diese Vorteile voll zur Geltung zu bringen, werden viele verfahrenstechnologische Entwicklungen betrieben, die sowohl die Produktivität als auch die erzielte Qualität gleichermaßen berücksichtigen und das Verfahren als einen gangbaren Weg für die Einzelteilinstandsetzung erscheinen lassen.

Literatur

- [1] Batišev, A. N.: Posobie galvanika-remontnika (Hilfsmittel des Instandsetzungs-Galvanotechnikers). Moskau: Verlag Kolos 1980.
- [2] Šinkovskij, J. D.: Issledovanie uslovij povyšeniya proizvoditel'nosti ostalivaniya pri vosstanovlenii detalej sel'skochozjajstvennoi tekhniki (Untersuchung der Bedingungen zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität des Eisenauftrags bei der Instandsetzung von Teilen der Landtechnik). SibADJ Omsk, Dissertation A, 1979.
- [3] Ačkasov, K. A.; Batišev, A. N.; Ponomarev, A. V.: Podgotovka stal'nich detalej pered elektrolitičeskim železnem (Vorbereitung von Stahlteilen für den elektrolytischen Eisenauftrag). Technika v sel'skom chozjajstve, Moskva 44 (1979) 4, S. 69.
- [4] Ačkasov, K. A.; Batišev, A. N.; Judin, V. M.: Anodnoe ustrojstvo s lentočnym tamponom (Anodische Bandtransporteinrichtung). Technika v sel'skom chozjajstve, Moskva 47 (1982) 3, S. 57.
- [5] Ačkasov, K. A.; Batišev, A. N.; Judin, V. M.: Novoe v vosstanovlenii nepodviznych sopriženij (Neues bei der Instandsetzung von starren Verbindungen). Technika v sel'skom chozjajstve, Moskva 47 (1982) 6, S. 45. A 4461

Folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik erscheinen im VEB Verlag Technik:

Elektrie; der Elektro-Praktiker; messen–steuern–regeln; Nachrichtentechnik–Elektronik; radio–fernsehen–elektronik