

DEUTSCHE AGRARTECHNIK

LANDTECHNISCHE ZEITSCHRIFT FÜR WISSENSCHAFT UND PRAXIS

Beratender Redaktionsausschuß: Ing. G. Bergner, Berlin; Dipl.-Ing. W. Blaise, Bornim; Ing. H. Böldicke, Berlin; Ing. G. Buche, Berlin; Ing. H. Dünnebeil, Leipzig; Dr.-Ing. E. Foltin, Leipzig; Prof. Dr.-Ing. W. Gruner, Dresden; Verdienter Erfinder Ing. K. Himmiger, Berlin; Dipl.-Landw. H. Koch, Berlin; Ing. H. Krause, Leipzig; H. Kronenberger, Berlin; Pat.-Ing. A. Langendorf, Leipzig; H. Thiemler, Burgwerben; Ing. G. Vogel, Großbeeren; Ing. G. Wolff, Berlin

HERAUSGEBER: KAMMER DER TECHNIK

8. Jahrgang

Berlin, Februar 1958

Heft 2

Prof. Dr. W. I. KASARZEW, Leningrad

Instandhaltungstechnik in der sowjetischen Landwirtschaft

Prof. KASARZEW, unseren Lesern bereits als Autor bekannt¹⁾, hat während eines Besuches in unserer Republik auf der Instandhaltungskonferenz der KdT am 21. November 1957 in einem vielbeachteten Referat über die Instandhaltungstechnik in der UdSSR berichtet. Der nachfolgende Auszug enthält die wichtigsten Abschnitte dieses Vortrags in zusammengefaßter Form. Für unsere Praktiker dürften dabei die vielen Hinweise aus den reichen Erfahrungen der sowjetischen MTS in der Wiederherstellung abgenutzter Einzelteile, die dabei angewendeten Verfahren und deren technische und ökonomische Bewertung von besonderem Interesse sein. Es sei noch bemerkt, daß der volle Wortlaut dieses Referates und auch der folgenden Beiträge in der Broschüre enthalten ist, die über diese Tagung zusammengestellt wurde.

Die Redaktion

1. Wiederherstellung abgenutzter Einzelteile

Die Instandsetzungs- und Wartungskosten für Schlepper betragen nach vorliegenden Berechnungen in der UdSSR etwa 25% der gesamten Schlepperbetriebskosten. Die Hälfte dieses Anteils wird für Ersatzteile aufgewendet. Bei der riesigen Anzahl von Maschinen in den MTS und Sowchosen der Sowjetunion hat eine zweckmäßige Wiederherstellung abgenutzter Maschinenteile große volkswirtschaftliche Bedeutung, weil sie eine wesentliche Senkung der Ausgaben für Ersatzteile ermöglicht.

Die verschiedenen in der UdSSR zur Anwendung kommenden Verfahren für die Wiederherstellung der Originalabmessungen und der Maschinenteile kann man in zwei Gruppen zusammenfassen: 1. Verfahren, die Passungen und Spiele wiederherstellen und 2. Verfahren, durch die die Originalmaße so wiederhergestellt werden, daß die Teile ohne weiteres auswechselbar sind. Jede dieser beiden Gruppen kann eine Reihe von Verfahren umfassen, und zwar: erste Gruppe (zwei Verfahren): das Reparaturausmeßverfahren mit Über- und Untermaßen, wobei z. B. einer ausgedrehten Buchse ein entsprechender Übermaßbolzen zugeordnet wird, und die Instandsetzung mit zusätzlichen Einzelteilen, wo z. B. Distanzscheiben beigelegt werden, um zu viel Spiel zu beseitigen; zweite Gruppe: elektrische Auftragschweißung, Hartverchromen, galvanisches Auftragen von Eisen, Metallspritzen.

Bei der zweiten Gruppe fehlt die plastische Verformung. Auch andere Möglichkeiten der Instandsetzung (Kleben, Löten usw.) sind nicht mit angeführt, weil die Untersuchungen nicht auf sie ausgedehnt wurden. Über die verschiedenen Verfahren kurz folgendes:

1.1 Beim *Reparaturausmeßverfahren* erhalten die Maschinenteile im Vergleich zu den Normalmaßen veränderte Abmessungen. Maschinenteile, die nach diesem Verfahren wiederhergestellt und Teile mit Normalmaßen, die als Ersatzteile geliefert wurden, können also einander nicht ersetzen. Jede Einschränkung der Austauschbarkeit erschwert aber die Instandsetzung und besonders die Versorgung mit Ersatzteilen. Schon deshalb kann dieses Verfahren nicht als fortschrittlich bezeichnet werden. Es ist außerdem nicht schwer nachzuweisen, daß eine große Anzahl von veränderten Reparaturabmessungen zur Verkürzung der Arbeitsdauer der auf diese Weise reparierten Maschinenteile führt. Trotzdem ist das Reparaturausmeßverfahren in der Praxis weit verbreitet. Wir müssen uns deshalb mit der Tatsache abfinden, daß reparierte Maschinen eine kürzere Zwischenlaufzeit haben als neue.

1.2 Bei der *Instandsetzung mit zusätzlichen Einzelteilen* haben wir es meistens auch mit veränderten Abmessungen zu tun. Die Mängel des Reparaturausmeßverfahrens müssen also auch auf dieses Verfahren bezogen werden. Es hat aber noch seine eigenen Mängel. So verringert jeder Einbau von zusätzlichen Teilen die Festigkeit der Baugruppe und erhöht fast immer ihre Wärmebelastung. Während das Reparaturausmeßverfahren die Austauschbarkeit der Einzelteile nur bedeutend einschränkt, macht die Instandsetzung mit zusätzlichen Teilen sie ganz unmöglich, weil die Anpassung der Teile an Ort und Stelle notwendig ist. Deshalb kann die Instandsetzung mit zusätzlichen Einzelteilen ebenfalls nicht als fortschrittliches Verfahren angesehen werden.

Eine Variante der Instandsetzung mit zusätzlichen Einzelteilen verdient allerdings gewisse Beachtung. Hierbei wird die Welle bis zu Normalabmessungen auf beliebige Weise wiederher-

¹⁾ Deutsche Agrartechnik (1956) H. 12, S. 559.

gestellt. Lagerstellen usw. erneuert man durch den Einsatz zusätzlicher Buchsen. Diese Variante ist ohne die Mängel des Reparaturausmaßverfahrens, die Nachteile der Instandsetzung mit zusätzlichen Einzelteilen bestehen jedoch auch hier.

1.3 Aus allen diesen Gründen soll die Instandsetzungstechnik ihre Aufmerksamkeit vor allem auf die Wiederherstellung der Originalabmessungen lenken. Fortschrittlich sind Verfahren wie Auftragschweißung, Verchromen, Eisenauftragen, Metallspritzen, weil durch sie einmal – ohne Verkürzung der Zwischenlaufzeiten – die Festigkeit von Maschinenteilen wiederhergestellt werden kann und zweitens die Austauschbarkeit der Einzelteile nicht aufgehoben oder eingeschränkt wird.

Die Auswahl der Technologie für das Wiederherstellen von Oberflächen erfolgt auf Grund folgender Erwägungen:

1.31 Elektrische Auftragschweißung

ist das Hauptverfahren bei der Wiederherstellung abgenutzter Maschinenteile. Die in Frage kommenden Stahlteile kann man in vier Gruppen einteilen:

- Einzelteile aus niedriggekohltem Blech- und Profilstahl mit 0,08 bis 0,20% Kohlenstoffgehalt normalgeglüht oder nicht gehärtet;
- Stahlteile mit mittlerem Kohlenstoffgehalt (0,40 bis 0,45%) aus nicht gehärtetem oder normalgeglühtem Stahl;
- Einzelteile aus mittelgekohltem oder aus legiertem, mit Wärme behandeltem Stahl;
- Einzelteile aus einfachem oder legiertem, kohlenstoffarmem Stahl mit aufgekohlten Arbeitsflächen.

Für jede Gruppe von Maschinenteilen gibt es besondere Schweißelektroden mit entsprechender Ummantelung.

Außer der Lichtbogenauftragschweißung von Hand findet in sowjetischen Reparaturbetrieben die automatische Auftragschweißung unter einer Flußmittelschicht immer breitere Anwendung. Sie ermöglicht große Schweißleistungen und erhöht die Qualität der Instandsetzung. Die Auswahl von Maschinenteilen für ein solches Aufschmelzen hängt natürlich von der Möglichkeit ab, Ringüberzüge oder lange Flächenüberzüge anzulegen. Auf diese Weise lassen sich nicht nur große Maschinenteile (Laufrollen der Kettenfahrzeuge, Spannräder, Kettenglieder u. ä.) wiederherstellen, sondern auch verhältnismäßig kleine Teile (Durchmesser bis 35 mm). Im letzten Fall werden hohle Werkstücke zur besseren Wärmeableitung und leichteren Entfernung der Schlackenkruste mit Wasser gekühlt, das durch den Hohlraum geleitet wird; bei kleineren Werkstücken verwendet man Gewindeauftragschweißung in zwei Arbeitsgängen mit großer Gewindesteigung so, daß beim zweiten Arbeitsgang die Schweißraupen sich zwischen die Windungen des ersten Ganges legen. Bei der Auftragschweißung von kleineren Werkstücken wurden auch befriedigende Ergebnisse durch die Verringerung des Schweißdrahtdurchmessers von 1 bis 1,2 mm und durch die Senkung der Schweißstromstärke auf 120 bis 140 A/dm² erzielt. Als Flußmittel verwendet man gewöhnlich eine Mischung folgender Zusammensetzung: SiO₂ 43,5%, MnO 37,5%, MgO 7,5%, CaFe₂ 4,5% u. a. m.

Auch die automatische Auftragschweißung mit vibrierender Elektrode setzt sich immer mehr durch. Bei ihr wird die rotierende und vibrierende Elektrode an die bewegliche Fläche angeschweißt und abgerissen, so daß auf der Fläche angeschweißte Drahtstücke bleiben. Dieses Verfahren ergibt eine ziemlich hohe Leistung und geringen Materialverbrauch.

Schließlich kann man nicht umhin, die Kaltschweißung für Graugussteile, besonders für große Werkstücke, zu erwähnen. Hierbei gibt es mehrere Verfahren, für die man verschiedene Elektroden verwendet: Kupfer-Eisen-Elektroden, Kupfer-Nickel-, Eisen-Nickel-Elektroden u. a. In diesem Zusammenhang ist auch das Interesse an der Kaltschweißung von Gußeisen mit kohlenstoffarmen Elektroden verständlich, die zum ersten Mal in der MTS Noginsk im Moskauer Gebiet angewendet wurde (Wititlow-Verfahren). Dieses Verfahren sieht eine

bestimmte Reihenfolge der Nahtlegung sowie die Ausnutzung von „ausglühenden Rollen“ vor, mit deren Hilfe man weißes Aufschweißmetall erhalten und das Weißwerden des Gußeisens in der Übergangszone vermindern kann.

1.32 Verchromen

Die Auswahl von Verchromungsverfahren erfolgt unter Berücksichtigung der Arbeitsbedingungen der betreffenden Maschinenteile. Betriebsfachleute und Forscher arbeiten dabei nach den Anweisungen der Verchromungskonferenz von 1937, nach der die zu verchromenden Teile in vier Klassen eingeteilt werden.

A: Einzelteile, deren Oberflächen an anderen anliegenden Teilen nicht gleiten. Das Verchromen hat in diesem Falle den Zweck, bestimmte Abmessungen wiederherzustellen (z. B. bei der Anpassung von Kugel- und Rollenlagern an Wellen). Man kann dabei sowohl glänzenden als auch milchfarbigen, matten Niederschlag anwenden. Am vorteilhaftesten werden Niederschläge bei erhöhter Stromdichte (an der oberen Grenze der Glanzniederschläge) und bei Temperaturen nicht unter 45° C sein. Die Niederschlagdicke wird nach wirtschaftlichen Überlegungen gewählt.

B: Einzelteile mit reibenden Flächen und geringer Belastung bis 5 kg/cm² (Lehren, Führungsbuchsen usw.). Es werden glänzende Niederschläge empfohlen (aus der Mitte des Glanzintervalls). Wenn nachfolgendes Schleifen vorgesehen ist, kann man die Stromstärke bis zur oberen Grenze des Glanzintervalls erhöhen. Arbeitswerte als Beispiel: Für den Elektrolyt mit 150 g CrO₃ Dk²) = 50 A/dm², t = 55° C; für den Elektrolyt mit 250 g CrO₃ Dk = 40 A/dm², t = 50° C. Die Dicke der Chromschicht beträgt 0,08 mm. Bei der Wiederherstellung von Abmessungen kann die Schichtdicke bis auf 0,12 mm erhöht werden.

C: Werkstücke mit reibenden Oberflächen bei mittleren Belastungen von 5 bis 20 kg/cm² (Kurbelzapfen, Zylinder u. a.). Es werden Glanzniederschläge von mittleren oder unteren Werten des Glanzintervalls oder milchfarbige Niederschläge bei erhöhter Stromdichte und Temperatur empfohlen. Beispiel: Arbeitswerte für den Elektrolyt mit 150 g CrO₃: a) bei Glanzniederschlägen Dk = 20 bis 30 A/dm², t = 50 bis 55° C; b) bei matten Niederschlägen Dk = 35 bis 40 A/dm², t = 60 bis 65° C, Chromschichtdicke bis 0,06 mm. Bei der Wiederherstellung von Abmessungen für weniger wichtige Einzelteile kann die Chromschichtdicke bis auf 0,10 mm erhöht werden.

D: Einzelteile mit reibenden Flächen und größeren dynamischen Belastungen über 20 kg/cm² (z. B. Flugzeugmotorenteile). Es werden matte Niederschläge empfohlen. Beispielswerte für den Elektrolyt mit 150 g CrO₃: Dk = 20 bis 25 A/dm², t = 65 bis 69° C; Chromschichtdicke bis 0,03 mm.

Aus oben angeführten Empfehlungen kann man schließen, daß die durch Verchromen wiederherzustellenden Einzelteile infolge verschiedener Betriebsverhältnisse und Belastungen die Anwendung aller Verchromungsverfahren erfordern. Dieser Umstand erschwert natürlich die Auswahl eines bestimmten Verfahrens. Man ist deshalb gezwungen, ein gewisses mittleres Verfahren zu nehmen, das eine gute Überzugsqualität bei den wichtigsten Maschinenteilen, wie Kurbel- und Nockenwellen, gewährleistet.

Im allgemeinen verwenden die Betriebe nur eine Verchromungsart. Es ist in der Praxis schwer und oft auch unwirtschaftlich, in den Durchschnittswerkstätten die verschiedenen Verfahren einzuführen.

Neben dem Glattverchromen verwendet man bei Instandsetzungen auch poröse Chromüberzüge. Die Chromabnahme für poröse Überzüge erfolgt gewöhnlich in Wannen mit dem gleichen Elektrolyt wie bei der Glattverchromung mit gleicher oder etwas niedrigerer Stromdichte bei gleicher oder etwas erhöhter Temperatur und mit einer Behandlungsdauer von 5 bis 10 min.

²) Dk = Kathoden-Stromdichte in A/dm².

1.33 Eisenauftragen

Beim galvanischen Eisenniederschlag zur Wiederherstellung von abgenutzten Maschinenteilen sind folgende Werte für die Chlorbäder am zweckmäßigsten: Chloreisen ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 400 g/l, Chlornatrium (NaCl) 100 g/l, Salzsäure (HCl) 2 bis 3,6 g/l. Betriebswerte: Temperatur 94 bis 96° C, Stromdichte 16 A/dm².

Auf Grund vorhandener Erfahrungen kann man die Folgerung ziehen, daß für die Herstellung von festeren und härteren Eisenüberzügen möglichst niedrige Chloreisenkonzentrationen im Elektrolyt, möglichst niedrige Elektrolyttemperatur, niedriger Säuregehalt und möglichst höhere Stromdichten anzustreben sind. Dabei müssen aber Stromdichte und Chloreisenkonzentration im Elektrolyt eine Abhängigkeit von $D_k = 0,04 \text{ Ke}^3$ haben.

1.34 Metallspritzverfahren

Die Technologie des elektrischen Metallspritzens wird durch folgende Arbeitsgänge gekennzeichnet:

Vorbereitung der Oberfläche

Sie wird von Rost, Öl und sonstigem Schmutz gereinigt und bis zum erforderlichen Maß mit Berücksichtigung der notwendigen Überzugdicke (nicht unter 0,5 mm) bearbeitet. Die notwendige raue Oberfläche wird durch Sandstrahlbearbeitung (Sandkorngröße 2 bis 2,5 mm) der Oberflächen mit großer Härte oder durch Schneiden von abgerissenem Gewinde (20 bis 30 Gänge/Zoll) erzielt. Mit Hilfe elektrischer Funken kann die Oberfläche ebenfalls angeraut werden. Das Auftragen wird mit der Elektro-Metallspritzpistole durchgeführt.

Die Bearbeitung der Oberfläche nach dem Aufspritzen schließt Drehen und Schleifen, in einigen Fällen nur das Schleifen ein.

2 Vergleich der fortschrittlichen Wiederherstellungsverfahren

Untersuchungen des Autors hatten das Ziel, die Zuverlässigkeit dieser Verfahren nach dem gegenwärtigen Stand zu prüfen, um Wege und Mittel für ihre Verbesserung zu bestimmen (Tab. 1, Bild 1).

Tabelle 1. Widerstandsgrenzen von Stahl 45 mit verschiedenen Überzügen

Überzugart ¹⁾	Überzugdicke [mm]	Widerstandsgrenze [kg/mm ²]	Herabsetzung der Widerstandsgrenze [%]
Ohne Überzug	—	25,2	—
Auftragschweißung mit UONI 13/55	0,5	19,4	23
Glattverchromung	0,5	20,2	20
Poröses Verchromen ..	0,15	18,0	28
Eisenauftragen	0,15	18,0	25
Metallspritzen mit Sandstrahlvorbereitung	1,0	13,8	45
Metallspritzen mit Erosionsbearbeitung ..	1,0	12,7	50

¹⁾ Die Festigkeit der Muster mit Überzug wird mit den Festigkeitswerten der Normalgrößen gleichen Durchmessers verglichen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche lassen folgende Schlüsse zu:

2.1 Das *Erneuern abgenutzter Maschinenteile* durch Auftragschweißung, Verchromen und Metallspritzen stellt ein *fortschrittliches Verfahren* dar. Es ermöglicht, die Festigkeit der Einzelteile ohne Verkürzung der Zwischenlaufzeit wiederherzustellen und die Austauschbarkeit der Teile beizubehalten.

2.2 Die Wiederherstellungsverfahren durch Auftragschweißen, Verchromen, galvanisches Eisenauftragen und Metallspritzen weisen noch *einige Mängel* auf. Versuche zeigen aber, daß sich diese Mängel beseitigen lassen; sie sind nur die *Folge einer ungenügenden Entwicklung*. Anders ist es mit den Nachteilen des Reparaturausmaßverfahrens und der Instandsetzung mit zusätzlichen Teilen, deren Beseitigung ohne Abschaffung der Verfahren selbst nicht möglich ist.

2.3 Die *Auftragschweißung* von Kraftfahrzeug- und Schlepper-teilen mit den Elektroden UONI 13/55 350 A führt zu folgen-

¹⁾ Ke = Chloreisen-Konzentration im Elektrolyt g/dm³.

den Ergebnissen: Die Festigkeit der mit diesen Elektroden aufgeschweißten Muster wird im Vergleich mit der Festigkeit der Proben ohne Überzug (normalgeglühter Stahl 45) um 23% herabgesetzt; die Verschleißfestigkeit der aufgeschweißten Proben wird aber, verglichen mit den Mustern ohne Überzug, bis über 50% erhöht. Das Verfahren kann also für die Wiederherstellung solcher Teile empfohlen werden, bei denen die Verringerung der Festigkeit um 25% zulässig ist. Die Verchromung ist dann anzuwenden, wenn die Verschleißfestigkeit der Maschinenteile wesentlich erhöht werden muß und die Herabsetzung der Festigkeit um 20 bis 30% kein Hindernis für einen sicheren Betrieb dieser Teile ist.

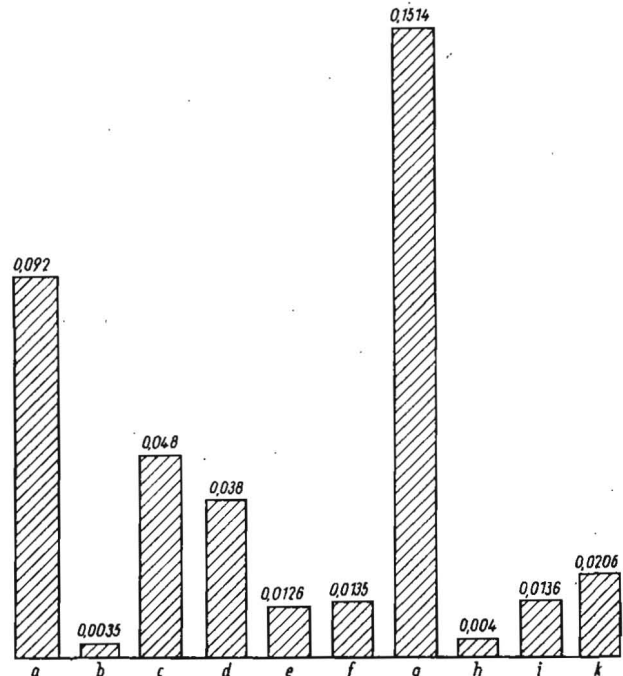


Bild 1. Diagramm der allgemeinen Abnutzung (in Gramm, bei fünfstündiger Reibung, Nacharbeiten mitgerechnet) der verschiedenen normalgeglühten Erprobungsstücke a ohne Überzug, b mit Hochfrequenz gehärtet, c Auftragschweißung, d Auftragschweißung und mit Hochfrequenz gehärtet, e glatt verchromt, f porös verchromt, g aufgetragenes Eisen, h Metallspritzen mit Sandstrahlvorbereitung, i Metallspritzen mit Elektrofunktenvorbereitung, k Metallspritzen mit Elektrofunktenvorbereitung mit Wärmebehandlung

2.4 *Galvanisches Eisenauftragen* ergibt im Vergleich mit Teilen ohne Überzug aus normalgeglühtem Stahl 45 eine Senkung der Festigkeit um 25% und die Herabsetzung der Verschleißfestigkeit um 70%. Es ist deshalb eine weitere Entwicklung dieses Verfahrens erforderlich mit dem Ziel, die mechanischen Eigenschaften des Überzuges zu verbessern.

2.5 Das *Metallspritzverfahren* mit Sandstrahl- oder Erosionsvorbereitung senkt die Festigkeit um 45 bis 50%. Gleichzeitig erhöht das Metallspritzen die Verschleißfestigkeit der geschmierten Oberflächen um 500% und mehr. Das Verfahren kann deshalb für solche Teile empfohlen werden, bei denen die Bildung eines dickeren (bis 1 mm) und verschleißfesten Überzuges erforderlich ist, die Herabsetzung der Dauerfestigkeit bis 50% jedoch kein Hindernis für einen sicheren Betrieb darstellt. Die Erhöhung der Haftfestigkeit von Überzug und Grundmaterial durch weitere Vervollkommnung des Arbeitsvorgangs ist notwendig.

2.6 Der gemeinsame Mangel aller untersuchten Überzugarten besteht in der Minderung der Festigkeit des Grundmaterials um 30 bis 50%. Eine *weitere Vervollkommnung* aller Vorgänge zur Erreichung größerer Festigkeit der Maschinenteile ist daher *erforderlich*. Dabei verdient auch das Walzen bei der Fertigbearbeitung von Oberflächen Beachtung.

3 Betriebstechnische und wirtschaftliche Einschätzung verschiedener Wiederherstellungsverfahren

Beim heutigen Stand der technischen Entwicklung kann fast jedes Maschinenteil, so groß auch seine Schäden sein mögen,

durch das eine oder andere Verfahren wiederhergestellt werden. In einigen Fällen machen jedoch hohe Instandsetzungskosten und eine Qualitätsminderung dieser Maschinenelemente die Wiederherstellung unzweckmäßig. Bei der endgültigen Einschätzung eines Verfahrens muß also die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden. Ganz allgemein soll man unter einem wirtschaftlichen Wiederherstellungsvorgang ein Verfahren verstehen, dessen Kosten durch eine genügende Arbeitsdauer der ausgebesserten Maschinenteile gedeckt werden.

Danach kann man als Bedingung der zweckmäßigen Anwendung eines Verfahrens folgendes Verhältnis annehmen:

$$\frac{C_B}{\tau_B} \leq \frac{C_H}{\tau_H} \quad (1)$$

Hierin bedeutet:

C_H Erzeugungskosten eines neuen Maschinenteils ohne Überzug,

C_B Wiederherstellungskosten eines abgenutzten Teils,

τ_H Arbeitsdauer des neuen Teils (gemeint ist eine genügende Arbeitsdauer),

τ_B Arbeitsdauer des wiederhergestellten Maschinenelements.

Wenn wir ferner den Verschleißgrenzwert eines Maschinenteils (g , mm) mit I und die Ansteigungsintensität des Verschleißes (mm/h, g/h) mit i bezeichnen, so ist offensichtlich

$$\tau_B = \frac{I_B}{i_B} \quad \text{und} \quad \tau_H = \frac{I_H}{i_H}$$

Wenn wir τ_B - und τ_H -Werte in die Gleichung (1) einsetzen, erhalten wir

$$\frac{C_B \cdot i_B}{I_B} \leq \frac{C_H \cdot i_H}{I_H}$$

Da für gleiche Maschinenteile bei ihrer Wiederherstellung bis zu Anfangsabmessungen $I_B = I_H$ ist, kann die Bedingung für eine zweckmäßige Wiederherstellung von Einzelteilen durch dieses oder jenes Verfahren wie folgt ausgedrückt werden:

$$C_B \cdot i_B \leq C_H \cdot i_H \quad (2)$$

Die Bedingung der Zweckmäßigkeit dieses oder jenes Verfahrens kann als Produkt der Wiederherstellungskosten und der Verschleißintensität des Überzugs dargestellt werden. Dieses Produkt soll nicht größer sein als der konstante Wert aus dem Produkt der Herstellungskosten für ein neues Maschinenteil und seiner Verschleißintensität. Also

$$C_B \cdot i_B = \text{const} = C_H \cdot i_H \quad (3)$$

Die Formel (3) ist eine Gleichung der gleichseitigen Hyperbel, auf Asymptoten bezogen. Ihre Form zeigt Bild 2.

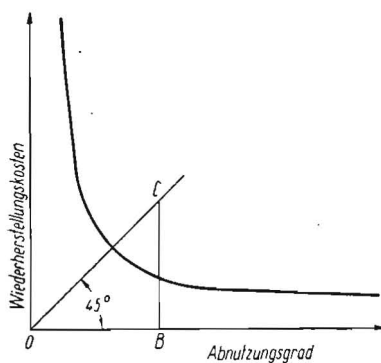


Bild 2. Einschätzung der Verschleißfestigkeit von Überzügen (Erklärung im Text)

Eine solche Kurve, nach den Angaben über jedes neue Maschinenteil gebildet, läßt erkennen, welche Wiederherstellungskosten bei welcher Verschleißintensität durch genügende Lebensdauer des wiederhergestellten Maschinenelements ausgeglichen werden. Und da die Wiederherstellungskosten durch Umfang und Ausrüstung der Betriebe bedingt sind, gibt die Kurve in Bild 2 annähernd auf die Frage Antwort, bei welcher Herstellung (Serien- oder Massenfertigung) die Anwendung dieses oder jenes Verfahrens zweckmäßig ist.

Um zu ermitteln, inwieweit die Bedingung (2) bei diesem oder jenem Wiederherstellungsverfahren erfüllt wird, wollen wir die Kalkulationsergebnisse für die Fertigungskosten von Mustern mit verschiedenen Überzügen, die bei der Wiederherstellung von Einzelteilen zur Anwendung kommen, benutzen. Diese Angaben sind für die technische und wirtschaftliche Einschätzung verschiedener Überzüge ohne weiteres anwendbar, wenn die Muster unter den gleichen Betriebsverhältnissen erzeugt und ihre Kosten nicht durch andere Faktoren stark beeinflußt werden (Produktionsprogramm und Ausrüstung der Betriebe mit Maschinen).

In Tabelle 2 sind die Werte für C und i nach den Ergebnissen der Versuche angeführt.

Tabelle 2. Technische und wirtschaftliche Charakteristik verschiedener Verfahren zur Wiederherstellung von Maschinenelementen

Proben und Art der Bearbeitung ¹⁾	C [Rubel]	i [mg/h]	$\frac{C \cdot i}{h}$ Rubel mg/h
Ohne Überzug, nach mechanischer Bearbeitung	11,0	17,2	189
Mit der Elektrode UONI 13/55 aufgeschweißt, mechanisch bearbeitet	21,08	8,2	173
Mit Glattchromüberzug, mechanisch bearbeitet	19,09	2,7	52
Nach Sandstrahlvorbehandlung mit Stahl 50 metallisiert, mechanisch bearbeitet	18,00		Der Verschleiß wurde im Laufe der Untersuchung nicht festgestellt

¹⁾ Alle Proben sind aus normalgeglühtem Stahl gefertigt.

Obwohl die in der Tabelle 2 angeführten Angaben als annähernd betrachtet werden können, so weisen sie überzeugend auf die Zweckmäßigkeit der Anwendung aller in der Tabelle angegebenen Überzugarten hin. Diese Folgerung gilt natürlich unter der Bedingung, daß das auszubessernde Maschinenteil in normalem Umfang wiederhergestellt wurde und die Produktionsbedingungen für ein neues Einzelteil (Programm, Ausrüstung) die gleichen sind, wie die Bedingungen der Wiederherstellung dieses Einzelteils. Eine Änderung ist notwendig, wenn z. B. die wiederherzustellenden Einzelteile bei ihrer Fertigung einer Oberflächenhärtung unterzogen werden. Dann sind die Größen C und i sowie ihr Verhältnis anders. Wenn ein neues Maschinenteil in großen Betrieben mit Massenfertigung erzeugt wird, seine Wiederherstellung aber im besten Fall in Betrieben mit Serienfertigung erfolgt, dann muß eine daraus entstehende Kostendifferenz natürlich berücksichtigt werden. Diese Differenz hat aber keine Beziehung zur Verfahrenseinschätzung und weist nur auf die Zweckmäßigkeit der Wiederherstellung von abgenutzten Maschinenelementen in gut ausgerüsteten Betrieben mit einem umfangreichen Programm hin. Wenn nun die Wiederherstellung der abgenutzten Teile in Betrieben mit Serienfertigung erfolgt, dann wächst die Kostendifferenz zwischen einem neuen und einem wiederhergestellten Einzelteil und das Verhältnis zwischen C und i wird sich ändern. Aber auch in diesen ungünstigen Fällen können solche Verfahren wie Verchromen und Metallspritzen noch als wirtschaftlich zweckmäßig gelten. Es ist nur wichtig, daß die Verschleißintensität des Überzugs genügend klein ist. Die Kurvenform in Bild 2 zeigt, daß bei einer ständigen Verringerung der Verschleißintensität die Zweckmäßigkeit des Überzugs trotz bedeutender Kosten bestehen bleibt (der linke Zweig der Kostendeckungskurve steigt steil an). Praktisch werden also bei so geringer Verschleißintensität auch die verhältnismäßig hohen Überzugskosten durch eine lange Lebensdauer des wiederhergestellten Einzelteils ausgeglichen. Die Kurve in Bild 2 ermöglicht den Einfluß der Überzugverschleißfestigkeit (oder ihres reziproken Wertes - der Verschleißintensität) auf die Zweckmäßigkeit der Anwendung eines Überzugs einzuschätzen. Dabei kann die Einschätzung nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ ausgedrückt werden. Man kann die annähernde Größe der Verschleißintensität bestimmen, bei der sich ein Überzug in der Serienfertigung als zweckmäßig erweist.

Wertbestimmung

Wenn wir eine Normale aus dem Hyperbelbrennpunkt auf die Abszisse ziehen, bemerken wir, daß der abgeschnittene Teil gerade als der gesuchte Wert i_{\min} angenommen werden kann, da bei weiterer Herabsetzung dieses Wertes ein sehr steiler Kostenanstieg erfolgt. Wenn wir uns zur Gleichung einer gleichseitigen Hyperbel wenden

$$x^2 - y^2 = a^2 \quad (4)$$

schließen wir daraus, daß der uns interessierende abgeschnittene Hyperbelteil OB gleich a ist. OC ist tatsächlich die Hälfte des Abstands zwischen den Brennpunkten, d. h. $OC = \sqrt{2}a^2 = a\sqrt{2}$; $OB = OC \cos 45^\circ = a$.

Die auf die Asymptoten bezogene Gleichung der gleichseitigen Hyperbel sieht wie folgt aus

$$x' y' = \frac{a^2}{2} \quad (5)$$

Bei Anwendung zur Gleichung (3) haben wir

$$C_B i_{\min} = \frac{a^2}{2} \quad (6)$$

Wenn wir die rechten Teile der Gleichung (3) und (5) gleichstellen und in Betracht ziehen, daß $i_{\min} = a$, erhalten wir

$$C_H i_H = \frac{a^2}{2}$$

und

$$a = i_{\min} = \sqrt{2 C_H i_H} \quad (7)$$

Die Gleichung (7) gestattet, nach den Angaben für ein neues Einzelteil gerade einen solchen Wert i_{\min} zu ermitteln, unter dem die sich deckenden Wiederherstellungskosten eine bedeutende Höhe erreichen können.

Wenn wir diese Werte mit den Angaben in Tabelle 2 verbinden wollen, so erhalten wir das Produkt

$$C_H i_H = 189 \text{ und } i_{\min} = \sqrt{2 C_H i_H} = \sqrt{2 \cdot 189} = 19,4 \text{ mg/h,}$$

d. h. bei verhältnismäßig so hohen Werten C_H und i_H sind alle in der Tabelle 2 angeführten Wiederherstellungsverfahren zweckmäßig, weil die Verschleißintensität der aufgeschweißten Schicht von 8,2 mg/h und um so mehr von 2,7 mg/h für Chrom bestimmt kleiner ist als der Wert $i_{\min} = 19,4$ mg/h.

Schlußfolgerung

Für die technische und wirtschaftliche Einschätzung verschiedener Wiederherstellungsverfahren kann man die Gleichung $C_B i_B \leq C_H i_H$ anwenden. Hierbei bedeuten C_B , C_H Kosten des wiederhergestellten und des neuen Maschinenteils; i_B , i_H Verschleißintensität des wiederhergestellten und des neuen Teils.

Wenn dabei die Verschleißfestigkeit eines Maschinenelements durch seine Wiederherstellung so weit steigt, daß die Gleichung $i_B \leq \sqrt{2 C_H i_H}$ Geltung gewinnt, so erweist sich eine solche Wiederherstellung in diesem Fall sogar bei verhältnismäßig hohen Wiederherstellungskosten als wirtschaftlich. AU 2967

Dipl.-Ing. oec. K. DIETRICH (KdT), Leipzig *)

Die Landmaschinen und das Schlepperinstandhaltungswesen¹⁾

Unsere Industrie kann die Bemühungen der MTS um eine wirtschaftliche Instandhaltung wirkungsvoll unterstützen, wenn sie Landmaschinen und Schlepper instandhaltungsgerecht konstruiert und fertigt. Der Autor beweist diese Möglichkeiten an Hand verschiedener Beispiele und belegt gleichzeitig den enormen wirtschaftlichen Nutzen, der dabei durch Materialeinsparung und Kostensenkung erzielt wurde. Ein ständiger Erfahrungsaustausch zwischen Industrie und Instandsetzungsbetrieben kann zur weiteren Verbesserung des Instandhaltungswesens erheblich beitragen.

Die Redaktion

1 Bedeutung der Aufgaben und Systematik des Lösungsweges

Die Aufgaben der Landmaschinen- und Schlepperindustrie bei den Maßnahmen für eine wirtschaftliche Instandhaltung leiten sich nicht nur von den Forderungen des Verbrauchers – also der Landwirtschaft – ab, sie ergeben sich auch aus einigen Kennziffern, die den Anteil der Instandhaltung an der Gesamtproduktion des Industriezweiges ausdrücken.

So beträgt beispielsweise der Anteil der Ersatz- und Verschleißteilfertigung an der Gesamtproduktion 18,9%. Schlepper- und Landmaschinenersatzteile halten sich dabei die Waage. Die Lohnkosten sind an dem Gesamtlohnfonds mit 20% beteiligt. Die Materialkosten betragen 16% des Gesamtmaterial-einsatzes. Der durchschnittliche Anteil der Garantieleistung zur Gesamtproduktion beläuft sich auf 1%. Auch diese Kennziffer ist ein Signal für die Industrie, die instandhaltungsgerechte Produktion entschieden zu verbessern.

1.1 Der Industrie fehlt die Methodik

Es gibt einige Beispiele dafür, daß man sich mit den Problemen der wirtschaftlichen Instandhaltung auseinandersetzt. So lau-

fen im Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau (ILT) Untersuchungen über die Verschleißfestigkeit von Pflugscharen und Gänsefußmessern. In den einzelnen Werken arbeiten Konstruktion und Technologie an der Erhöhung der Verschleißfestigkeit von Aufnahmetrommeln oder Lagerungen, an der Verbesserung der Siebketten usw.

Alle diese Arbeiten basieren jedoch nicht auf einer systematischen Untersuchung der Schwerpunkte, sondern entspringen Anregungen der MTS und VEG, die über den Technischen Dienst der Werke an die Konstrukteure und Technologen herangetragen wurden. Wenn aber die Industrie zu einer wirtschaftlichen Instandhaltung beitragen will, dann muß sie eine Methodik entwickeln und Wege zu einer systematischen Lösung finden, die zu einer wirtschaftlichen Instandhaltung führen.

1.2 Die Systematik

einer intensiven Forschungsarbeit der Industrie auf dem Gebiet der wirtschaftlichen Instandhaltung muß dabei von einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ausgehen, um dann Konstruktion und Fertigung von Landmaschinen und Schleppern auf die Möglichkeiten wirtschaftlicher Instandhaltung zu untersuchen.

*) Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau Leipzig (Dir.: Dr.-Ing. E. FOLTIN).

¹⁾ Aus einem Referat auf der Instandhaltungskonferenz der KdT (FV Land- und Forsttechnik) in Leipzig am 21. und 22. November 1957.