

# Wissenschaftliche Grundlagen für die Aufarbeitung und Erhöhung der Zuverlässigkeit wichtiger Verschleißpaarungen landtechnischer Arbeitsmittel<sup>1)</sup>

Prof. Dr. d. techn. Wiss. V. M. Krjāzkov, Leningrader Landwirtschaftliches Institut Leningrad-Puschkin

Für das Aufrechterhalten der Arbeitsfähigkeit der Landtechnik werden in der UdSSR umfangreiche Mittel aufgewendet. Moderne Traktoren und Landmaschinen werden während ihrer projektierten Nutzungsdauer mehrfach Teilstandsetzungen und Grundüberholungen unterzogen.

In Übereinstimmung mit den Beschlüssen des XXV. Parteitagess der KPdSU sind im X. Fünfjahrplan umfassende Maßnahmen für die weitere Entwicklung und Verbesserung der Instandhaltung, insbesondere durch Vergrößern der Instandhaltungsintervalle der Maschinen bis zur ersten Instandsetzung und zwischen zwei Instandsetzungen sowie durch die Verminderung der Aufwendungen an lebendiger und vergegenständlichter Arbeit für die Instandsetzungsmaßnahmen zu ergreifen.

In dem Komplex konstruktiver, fertigungstechnischer, einsatzorganisatorischer und instandhaltungstechnischer Maßnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Traktoren und Landmaschinen kommt den Problemen des Erhörens der Zuverlässigkeit und der Instandsetzung der Abnutzungsteile größte Bedeutung zu (Bild 1). In erster Linie hängen die Instandsetzungsintervalle der landtechnischen Arbeitsmittel von der Qualität der Neuherstellung und der Instandsetzung ab.

Für die Produktion von Ersatzteilen werden

jährlich umfangreiche Mittel aufgewendet, große Mengen Metall eingesetzt und beträchtliche Produktionskapazitäten gebunden.

Die Lösung der aufgezeigten Probleme sollte in verschiedenen, parallel zu verfolgenden Richtungen durchgeführt werden:

- Erhöhung der Zuverlässigkeit neuer Ersatzteile, insbesondere durch eine hohe Festigkeit und geringe Abnutzungsintensität sowie durch Vorgabe von technisch begründeten Pflegeintervallen
- Verringerung der Schädigungsintensität beim Maschineneinsatz durch Gewährleistung einer guten Pflege und Wartung entsprechend den konstruktiv bedingten Notwendigkeiten
- Verhütung ungerechtfertigt früher Instandsetzungen auf der Grundlage einer breiten Anwendung der Technischen Diagnostik
- sorgfältige Schadensaufnahme im Instandsetzungsprozeß auf der Basis objektiv begründeter Schädigungsgrenzen
- Verhinderung der Beschädigung von Elementen bei der Demontage im Instandsetzungsprozeß
- Organisation einer umfassenden Instandsetzung von Einzelteilen mit modernen technologischen Verfahren und unter den Bedingungen einer spezialisierten In-

standsetzung

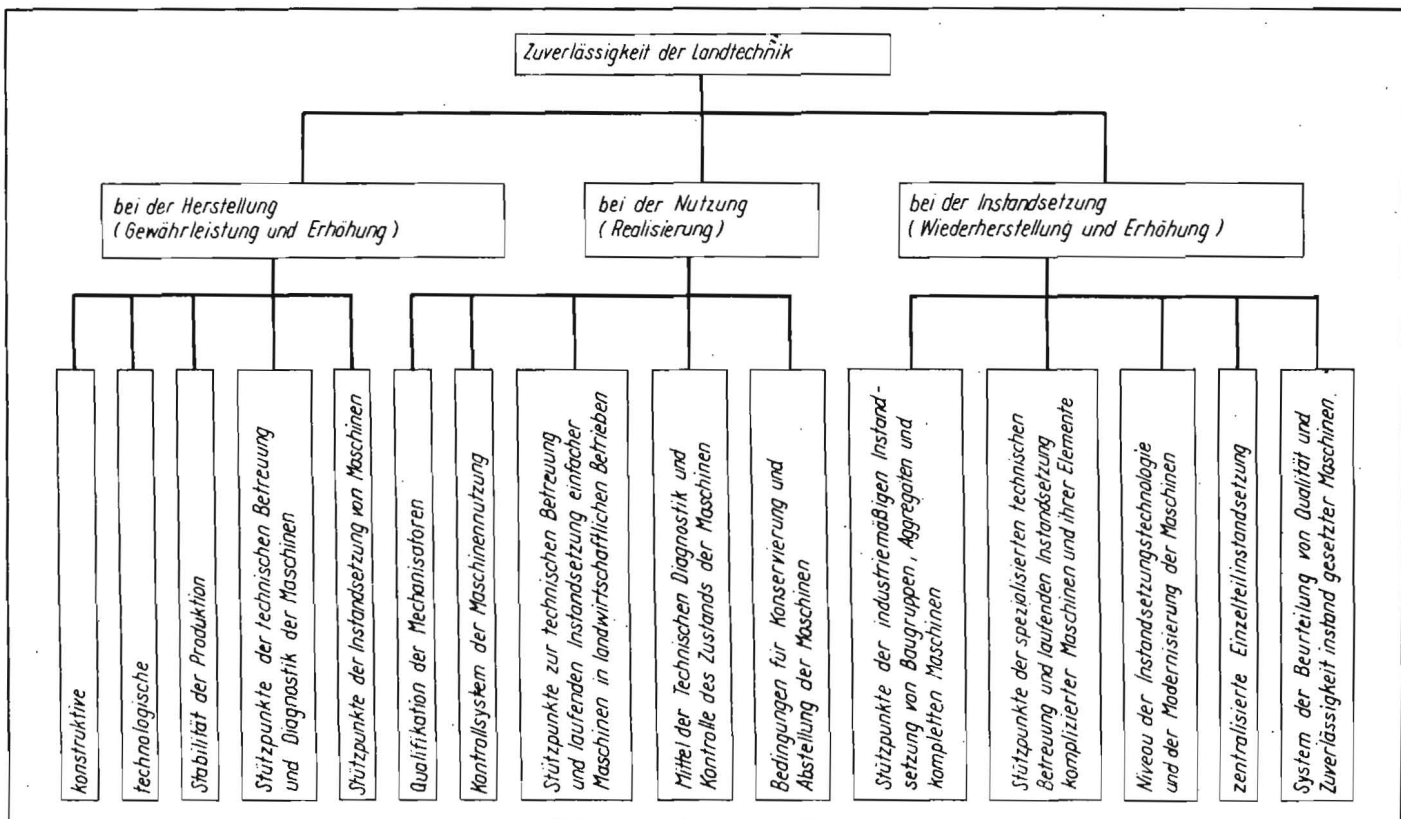
— Sicherung einer bedarfsgerechten Versorgung der Instandhaltungsbetriebe mit Ersatzteilen

— Präzisierung der Ersatzteilplanung und der daraus resultierenden Lieferaufträge für Ersatzteile an die Industrie auf der Basis von Untersuchungen des Schädigungsverhaltens der Elemente entsprechend den Einsatzbedingungen.

Der größte ökonomische Effekt und die größten Nutzungsdauern von landtechnischen Arbeitsmitteln zwischen zwei Instandsetzungen können durch die Ausweitung und Qualitätsverbesserung der Einzelteilinstandsetzung erreicht werden. Dabei spielen die Aufbereitungsverfahren eine besondere Rolle.

Die wichtigste Maßnahme besteht im Auswählen rationeller Verfahren für die Aufarbeitung und die Vergrößerung der Zuverlässigkeit von Einzelteilen. Dieses Problem ist nicht für alle Einzelteile (bei Traktoren gibt es allein über 15 000 Positionen) zu lösen, sondern man sollte sich beim Finden dieser rationellen Lösungen auf die typischen Einzelteilpaarungen konzentrieren, von denen es kaum mehr als 20 gibt. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß ohnehin nicht die Schädigung eines Einzelteils, sondern das Verhalten der Wirkpaarung die Grenznutzungsdauer und die

Bild 1. Hauptwege der Gewährleistung der Wiederherstellung und Erhöhung der Zuverlässigkeit der Landtechnik



Tafel 1. Anwendungsbereiche von Aufbereitungsverfahren an typischen Landmaschinen- und Traktorenteilen:  
(+ Verfahren wird angewendet, (+) Verfahren in der Entwicklung)

Aufbereitungsverfahren	Paarungstyp						
	Welle-Gleitlager	Welle-Wälzlagersitz	Welle-Dichtring	Keilverbindung	Zapfenbuchse	Bremstrommel-Bremsbacken	Stützrolle-Gleiskettenglied
UP-Auftragsschweißen	+	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+
Schutzgasauftragsschweißen	+	+	+	+	+	+	(+)
Pulverdrahtauftragsschweißen	+	+	+	(+)	+	+	+
Vibrationsauftragsschweißen	-	+	+	-	(+)	-	-
Plasmaauftragsschweißen	(+)	+	+	-	+	-	-
Pulverauftragsspritzen	(+)	+	+	-	(+)	+	-
Elektroschweißen mit Bandedelektrode	(+)	(+)	(+)	-	(+)	-	-
Verchromen	(+)	(+)	(+)	-	(+)	-	-
Metallspritzen	(+)	+	+	-	(+)	-	-
Elektroerosionsauftragen	(+)	(+)	(+)	-	-	-	-
elektromechanische Bearbeitung	-	+	-	-	-	-	-
Widerstandsauftragsschweißen mit Bändern	-	-	-	-	-	(+)	+
Ausgießen mit Flüssigmetall	-	-	-	-	-	(+)	+
Auftragsschweißen mit großer Einbrandbreite	-	-	-	-	-	(+)	+
Einsatz von Austauscherelementen (Reparatur)	-	(+)	(+)	-	(+)	-	+
Metallkleben	-	(+)	-	-	-	-	-
galvanisches Eisenauftragen	(+)	(+)	(+)	-	(+)	-	-

Instandsetzungsintervalle bestimmt. Deshalb müssen bei der Auswahl von Verfahren der Einzelteilinstandsetzung immer die Paarungen betrachtet werden.

Eine weitere für das methodische Vorgehen beim Auswählen rationeller Aufbereitungsverfahren überaus wichtige Frage ist das Studium aller Etappen des Aufbereitungsprozesses. Das Vorbereiten der Einzelteile für das Aufarbeiten, das Auftragen des Werkstoffs und die nachfolgende maß- und gefügegerechte Bearbeitung sind zusammengehörige und einander beeinflussende Etappen.

Für die Mehrzahl der Einzelteile für landtech-

nische Arbeitsmittel erscheint gegenwärtig folgendes Schema gerechtfertigt:

- Vorbereitung
- Werkstoffauftragen
- grobe mechanische Nachbearbeitung
- Gefügebehandlung
- mechanische Feinbearbeitung (wenn nötig).

Durchgeführte Untersuchungen zeigen, daß verschleißfeste Schichten unter folgenden Bedingungen erreicht werden können:

— Das aufzuarbeitende Teil wird keiner mechanischen Nachbearbeitung unterzogen, die harte Schweißhaut wird als Oberfläche genutzt (z. B. Kettenstützrollen bei Kettentraktoren).

— Die aufgearbeitete Oberfläche hat unmittelbar nach dem Auftragen des Werkstoffs bereits geringe Rauhtiefen, so daß für die Nachbearbeitung ein geringer Aufwand möglich ist (z. B. elektrolytische Auftragverfahren, Pulverauftragsspritzen, Elektrobandschweißen).

— Elektrophysikalische und elektrochemische Verfahren (z. B. elektro-erosive Nachbearbeitung von Wellenzapfen) ermöglichen eine hohe Produktivität.

Die wissenschaftliche Begründung für die Anwendung eines Aufbereitungsverfahrens hat insofern große Bedeutung, als damit die Möglichkeit der spezialisierten Aufarbeitung, die erforderliche technologische Ausrüstung und der Werkstoffbedarf nach Art und Menge bestimmt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Aufarbeitung energieaufwendig ist, ein hohes Qualifikationsniveau der Arbeitskräfte benötigt, den Arbeitsrhythmus der Instandsetzungsbetriebe wesentlich beeinflußt und be-

sonders die Qualität der instand gesetzten Maschinen und Baugruppen bestimmt.

Die Hauptanforderungen bei der Auswahl eines rationellen Aufbereitungsverfahrens werden von den Zuverlässigkeitsanforderungen an das aufgearbeitete Einzelteil (richtiger an die aus ihnen bestehenden Paarungen) sowie von einer hohen Wirtschaftlichkeit des Aufbereitungsprozesses in allen seinen Abschnitten gestellt.

Die Anwendbarkeit moderner Aufbereitungsverfahren für das Instandsetzen von Einzelteilen charakteristischer Paarungen aus landtechnischen Arbeitsmitteln wird in Tafel 1 dargestellt. Folgende Hauptkriterien liegen den Anwendungsbereichen der Verfahren zugrunde:

- Abnutzungsbetrag und dessen Verteilung über der beanspruchten Fläche
- konstruktiv-technologische Eigenschaften der zu bearbeitenden Fläche (Werkstoff, Masse, Abmessungen, Festigkeit u. a. m.)
- Einsatzbedingungen des Einzelteils bzw. seiner zu bearbeitenden Fläche in der Paarung nach Belastung, Relativgeschwindigkeit, Temperatur, Schmierung, Abdichtung gegen abrasive Verschmutzung u. a. m.
- technologische Realisierbarkeit des Verfahrens im Instandsetzungsprozeß.

Die größte Schwierigkeit beim Auswählen eines rationellen Aufbereitungsverfahrens besteht in der Begründung der damit erreichbaren Schädigungsintensität bzw. der nach der Aufarbeitung zu erwartenden Grenznutzungsdauer der Einzelteile bzw. der aus ihnen bestehenden Paarungen. Das Vorausbestimmen dieses wichtigen Kriteriums kann auf der Grundlage von Laboruntersuchungen der physikalischen, chemischen und technischen Eigenschaften der Auftragwerkstoffe und ihrer Paarung sowie der dazugehörigen Oberflächengeometrie erfolgen. Beispiele für derartige Parameter sind Schädigungsintensität, Temperaturbeständigkeit, Korrosionsverhalten, innere Spannungsstände, Makro-, Mikro- und Feinstruktur, Härte, Zugfestigkeit, Ermüdungsfestigkeit u. a. m.

Als Hauptmittel zur Beurteilung der Schädigungsintensität der mit den einzelnen Verfahren aufgetragenen Schichten sollten zeitraffende Prüfstandsuntersuchungen auf der Basis von Vergleichsuntersuchungen angewendet werden. Dabei sollten aufgearbeitete und fabrikneue Einzelteile in der Paarung untersucht und die Schädigungsintensität miteinander verglichen werden. Die Prüfstandsbedingungen sollten die schwierigsten Einsatzbedingungen simulieren. Die abschließende Beurteilung des ausgewählten Verfahrens mit Prüfstandsergebnissen ist durch Prüfstandseinsatz der Paarung in der realen Baugruppe sowie unmittelbar im Praxiseinsatz zu ergänzen (Tafel 2).

Am Leningrader Landwirtschaftlichen Institut wurde ein breit angelegter Komplex von zeitraffenden Modellprüfstandsversuchen im Labor an aufgearbeiteten Oberflächen durchgeführt. Diese Untersuchungen wurden durch den Praxiseinsatz aufgearbeiteter Teile ergänzt. Das Studium von Arbeitserfahrungen in Instandsetzungsbetrieben der Vereinigung „Sojuzsel'choztekhnika“ sowie das Studium von Forschungsergebnissen anderer wissenschaftlicher Einrichtungen des In- und Auslands ergänzten ebenfalls diese Arbeiten, die Hinweise für das zielgerichtete Anwenden perspektivisch geeigneter Aufbereitungsverfahren enthalten.

Teile der Paarung Stützrolle-Gleiskettenglied der Traktorentypen DT-75 und T-100 M, insbesondere die Stützrollen, bestehen aus

Tafel 2. System der Qualitätsbeurteilung von instand gesetzten Traktoren und ihrer Elemente

1. Prüfung von gründüberholten Traktoren in Maschinen-Prüfstationen und speziellen Einsatzbetrieben in verschiedenen Boden- und Klimazonen des Landes
2. Beschleunigte Prüfstandsuntersuchungen von instand gesetzten Aggregaten und Baugruppen der Traktoren in speziellen Versuchsstationen von Betrieben der Vereinigung „Sel'choztekhnika“ und des Maschinenbaus
3. Beschleunigte Prüfstandsuntersuchungen der Paarungen und Einzelteile von Traktoren in Versuchsstationen der Betriebe und in wissenschaftlichen Laboratorien von Forschungs- und Lehrinstituten
4. Laboruntersuchungen der physikalischen, chemischen und mechanischen Nutzungseigenschaften der Werkstoffe der Teile der instand gesetzten Paarungen von Traktoren in Werklaboratorien der Betriebe und in wissenschaftlichen Forschungszentren

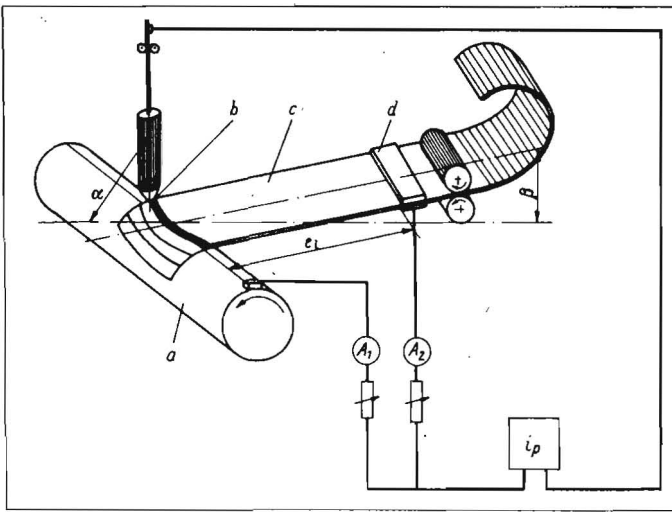


Bild 2  
Prinzipisches Schema zur vorgeschlagenen Methode der breitschichtigen Auftragung;  
a Instand zu setzendes Teil,  
b Aufschmelzelektrode,  
c Auftragsband,  
d Stromzuführung

Stahl mittleren Kohlenstoffgehalts und arbeiten hochfrequenzgehärtet unter abrasiven, schlupf-behafteten Wälzreibungsbedingungen. Der Verschleißbetrag an den beanspruchten Oberflächen der Rollen ist normalverteilt. Er beträgt beim Traktor DT-75 durchschnittlich 10,6 mm. Das Vibrationsauftragschweißen mit hoher Einbrandbreite unter Nutzung von Zusatzbandelektroden (Bild 2), das Ausgießen neuer Laufbahnen sowie das Unterpulverschweißen sind geeignete Verfahren. Bei Verschleißbeträgen bis 5 mm kann das Elektroauftragschweißen mit pulvergefüllten Hohldrahtelektroden angewendet werden (Tafel 3). *Paarungen des Typs Welle-Gleitlager*, z.B. die Zapfen von Kurbel- und Nockenwellen in Verbrennungsmotoren, können mit mehreren Verfahren ohne besondere Schwierigkeiten aufgearbeitet werden. Das rationellste Verfahren für Kurbelwellenzapfen von Verbrennungsmotoren ist das Auftragschweißen mit Pulverdraht. Das Verfahren arbeitet praktisch unter dünnen Flußmittelschichten. Das Schutzgasauftragschweißen (Argon oder CO<sub>2</sub>) mit nachfolgendem Induktionshärten und plastischer Oberflächenverformung (Glattwalzen) ist ebenfalls anwendbar. Induktionshärten und Glattwalzen sind auch beim Pulverdrahtauftragschweißen nötig.

Die größte Schwierigkeit beim Auftragschweißen von Kurbelwellen liegt im erzielten

Spannungszustand und in der Gefahr des Herabsetzens der Dauerfestigkeit.

Gearbeitet wird an elektrolytischen Auftragsverfahren für Kurbelwellenzapfen. In Untersuchung befindet sich auch ein Pulvermetallspritzverfahren für Kurbelwellenzapfen, bei dem die Verbindung der Auftragschicht mit dem Grundwerkstoff durch eine spezielle elektromechanische Bearbeitung intensiviert wird. Die Schwierigkeiten liegen gegenwärtig noch in der komplizierten Nachbearbeitung und in der hohen Verschleißintensität. Wenig produktiv ist das UP-Auftragschweißen von Kurbelwellenzapfen, weil die gesamte Kurbelwelle erwärmt werden muß. Zuverlässige Auftragsverfahren für Kurbelwellenzapfen aus modifiziertem Grauguß wurden bisher nicht entwickelt.

Für die Aufarbeitung von *Keilwellen-Paarungen* hat sich bisher das CO<sub>2</sub>-Auftragschweißen bewährt. Die mit diesem Verfahren instand gesetzten Keilwellen können eine Grenznutzungsdauer von 85% der Grenznutzungsdauer von fabrikneuen Keilwellen erreichen.

Unter korrosiven Medien arbeitende Keilwellen bedürfen spezieller Korrosionsschutzüberzüge.

Die *Paarungen Bremsstrommel-Bremsbacken (Bremsband)* werden mit CO<sub>2</sub>-Auftragschweißen und nachfolgendem Glattwalzen aufgearbeitet. Verfahren mit höherer Produktivität sind auszuarbeiten, die gleichzeitig eine höhere

Korrosionsfestigkeit, eine bessere Verschleißbeständigkeit bei Trockenreibung und bei Temperaturen um 30° bis 350°C sowie unter abrasiven Bedingungen sichern.

*Paarungen des Typs Welle-Dichtring* haben an den Wellen in der Regel einen geringen Verschleißbetrag von 0,45 bis 0,55 mm. Sie unterliegen abrasivem Verschleiß bei Grenzreibung und Korrosion. Die anwendbaren Auftragsverfahren müssen für die Gewährleistung der Dichtheit höhere Grenznutzungsdauern als bei Neuteilen sichern. Anwendbar sind vor allem das Verchromen und das Auftragschweißen mit nachfolgendem Glattwalzen.

Typische Vertreter der *Paarung Zapfen-Buchse* sind Kurbelachsen und Rahmzapfen des Traktors DT-75. Ihre Aufarbeitung wird erfolgreich mit CO<sub>2</sub>-Auftragschweißen und anschließendem Induktionshärten sowie Glattwalzen der Hohlkehlen und der Schweißraupenenden durchgeführt. An diesen Paarungen muß besonders der Verschleiß bei Pendel- und Schwingbewegung mit verunreinigtem Schmiermittel beachtet werden.

Die *Paarung Welle-Wälzlagersitz* kann mit verschiedenen Verfahren instand gesetzt werden. Das Elektroschweißen mit Bandelektroden und das Plasmaspritzen sind am perspektivreichsten. Gegenwärtig sind das CO<sub>2</sub>-Auftragschweißen mit nachfolgendem Induktionshärten und Glattwalzen sowie das Elektroimpulsauftragen von Stahl am weitesten verbreitet.

Die *Paarung Gehäusesitz-Wälzlager* zeigt den Verschleiß an den Gehäuseteilen. Diese Teile sind teuer und bestimmen die gegenseitige Lage wichtiger anderer Teile, wie zum Beispiel das Fluchten der Wellen.

Das weitverbreitete Reparaturverfahren durch Ausbuchen ist arbeitsaufwendig, vermindert die Festigkeit der Sitze und verschlechtert das Fluchten der Wellen. Das Verwenden polymerer Werkstoffe mit Füllmitteln bringt zu geringe Grenznutzungsdauern.

Perspektivische Verfahren für diese Paarungen sind das Elektroauftragschweißen mit Bandelektroden und das Pulveraufspritzen mit nachfolgendem exakten mechanischen Bearbeiten (Erreichen des Fluchtens von zusammengehörigen Bohrungen).

Bisher wird die Mehrzahl der Einzelteile von Traktoren und Landmaschinen mit dem CO<sub>2</sub>-Auftragschweißen mit nachfolgendem Induktionshärten und mit UP-Auftragschweißen aufgearbeitet. Eine Produktivitätserhöhung der Auftragschweißverfahren kann mit querschwingenden Elektroden ähnlich dem Auftragschweißen mit großer Einbandbreite erreicht werden.

Für die Qualitätsverbesserung der aufgetragenen Metallschichten und für das Verringern des Aufmaßes für die nachfolgende Genaubearbeitung ist die thermomechanische Behandlung des aufgetragenen Werkstoffs während der Auftragschweißung anzustreben. Bei Auftragschichten kann für das Erreichen einer höheren Verschleißfestigkeit in einer Tiefe bis 0,15 mm neben dem Induktionshärten das Glattwalzen angewendet werden.

Besondere Aufmerksamkeit beim Aufarbeiten muß der Oberflächenarbeit geschenkt werden. Künstliche Diamanten beim spangebenden Bearbeiten und Glattwalzen sowie Vibrationsglättung bedürfen weiterer Anwendung.

A 1706

Tafel 3. Technisch-ökonomische Produktionskennziffern der Instandsetzungsverfahren von Kettenaufrollen (Traktor DT-75)

Instandsetzungsverfahren	rel. Verschleißfestigkeit $k_i$	Produktivität je AK		Selbstkosten der Instandsetzung Rubel	Kosten des Auftragswerkstoffs Rubel/Laufrolle	Grundlohn Rubel/Laufrolle
		kg/h	St./Schicht			
Metallgießen	0,99	16...18		2,20	1,18	0,45
Auftragschweißen	1,6...1,9	21	14...18	2,90	1,67	0,60
Ummanteln (Bandagieren)	0,5...0,75	11...12		4,65	1,79	1,01
Breitschichtauftragschweißen mit der Elektrode PP-AN 122	0,93	6...7	20 (35)	3,48	2,40	0,30 (0,20)
Breitschichtauftragschweißen durch Auftragband	1,68	20,7	30	2,40	1,60	0,25

1) Übersetzer: Dr.-Ing. H.-H. Maack  
Bearbeiter: Prof. Dr. sc. techn. C. Eichler