

male Betriebsverhältnisse stellen sich bei einer Siebamplitude von 15 mm ein, da hier bei minimaler Siebbeschleunigung maximale Trenneffekte erreicht werden. Da die erforderliche Siebbeschleunigung durch den spezifischen Durchsatz bestimmt wird, ist ein durchsatzabhängiger maximaler Trenneffekt nur durch eine den Durchsatzschwankungen angepaßte Regelung der Antriebsfrequenz zu gewährleisten. Dieser Zusammenhang ist für die Prozeßautomatisierung sehr bedeutsam.

Literatur

- [1] Regge, H.; Minaev, V.: Möglichkeiten zur Steigerung der Siebleistung von Getreidereinigungsmaschinen. *agrar-technik*, Berlin 30 (1980) 1, S. 18–20.
- [2] Kupric, A. N., u. a.: *Technologieja pererabotki*

- zerna (Technologie der Getreideverarbeitung). Moskva: Verlag Kolos 1965, S. 60–61.
- [3] Vasil'ev, S. A.: *Separacija semjan sel'skochozajstvennyh kultur na rešetach* (Separation von Samen landwirtschaftlicher Kulturen auf Sieben). Allunions-Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der UdSSR, Moskva, Autorreferat einer Doktordissertation 1962, S. 40–44.
 - [4] Kožuchovskij, I. E.: *Zernoočistitel'nye mašiny* (Getreidereinigungsmaschinen). Moskva: Verlag Mašinostroenie 1965, S. 37–44.
 - [5] Ksifil'nov, N. A.: *O kinematičeskom režime raboty ploskogo rešeta* (Über das kinematische Arbeitsregime eines Flachsieb). *Sel'chozmašina*, Moskva 25 (1954) 10, S. 17–21.
 - [6] Batel, W.: *Einführung in die Korngrößenmeßtechnik*. Berlin/Göttingen: Springer-Verlag 1964, S. 53–67.
 - [7] Lanka, I.; Konopasek, J.: *Dalši poznatky z výzkumu procesu čišteni a třídění zrnin na rovennych sitech* (Neue Forschungsergebnisse

- über den Prozeß der Reinigung und Sortierung von Getreidegemischen auf Flachsieben). *Zemědělská Technika*, Praha 21 (1975) 10, S. 593–595.
- [8] Ermol'ev, Ju. I.: *Zur Anwendung profilierter Untersiebe in der Getreidereinigung*. *agrar-technik*, Berlin 37 (1987) 4, S. 169–170.
 - [9] Regge, H.; Minaev, V.: *Zur Leistungscharakteristik profilierter Untersiebe in Getreidereinigungsmaschinen*. *agrar-technik*, Berlin 37 (1987) 4, S. 171–172.
 - [10] Fischer, W. E.: *Siebsortierung von Getreidekörnern durch Schüttelsiebe mit hoher Schwingungszahl*. *Technik in der Landwirtschaft*, Berlin 14 (1933) 9, S. 200–203.
 - [11] Lur'e, A. B.; Grombčevskij, A. A.: *Rasčet i konstruovanie sel'skochozajstvennyh mašin* (Berechnung und Konstruktion von Landmaschinen). Leningrad: Verlag Mašinostroenie 1967.

A 5400

Zu Entwicklungstendenzen der Instandsetzung von Einzelteilen

Dozent Dr.-Ing. J. Stibbe, KDT/Dipl.-Ing. E. Forkel, KDT, VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal

Zielstellung

Die perspektivische Entwicklung der Einzelteilinstandsetzung (ETI) [1] in der landtechnischen Instandsetzung wird besonders von folgenden vier Faktoren beeinflusst:

- Erweiterung des Aufarbeitungssortiments
 - progressive Weiterentwicklung von Verfahren der ETI
 - Qualitätssicherung durch Technologie und Ausrüstung
 - Ausbau von Organisation und Zirkulation.
- Besonders wichtig ist die Sicherung eines verfahrenstechnischen Beitrags sowohl für die handwerkliche Instandsetzung von Einzelteilen (Werkstattverfahren) als auch für die spezialisierte ETI (mechanisierungswürdige Verfahren).

Werkstattverfahren sollen neben der garantierten Funktionssicherung nach der Instandsetzung auch universell, d. h. für viele Einzelteile, anwendbar sein.

Die mechanisierten Verfahren der ETI haben einen spürbaren Beitrag zur Steigerung der Arbeitsproduktivität und zur Qualitätsverbesserung zu leisten.

Beide o. g. Verfahrenskomplexe sind so zu entwickeln, daß besonders eine Erhöhung

der Verschleißfestigkeit und damit der Verfügbarkeit der Maschine eintritt. Die Lösungswege dazu bestehen in der Gütesicherung des Zusatzwerkstoffs (Schweißdraht, Metallpulver, Verfahren für Pulverauftrag), in der Realisierung verschleißfester Aufwuchsschichten (galvanischer Cr-Auftrag, chemischer Ni-Auftrag) und in der Veredlung der Auftragschichten oder Grundwerkstoffe (thermo-chemisch: Gaskarbonitrieren; partiell thermisch: Induktionshärten, Elektronenstrahlhärten, Laserhärten; mechanisch: Oberflächenfeinwalzen, Diamantglätten, Kugelstrahlen). Auf einige dieser Lösungsmöglichkeiten wird nachfolgend näher eingegangen.

Werkstattverfahren

Kleine Instandsetzungswerkstätten für die ETI, auch solche in Landwirtschaftsbetrieben, benötigen neben den üblichen Reparatur-schweißverfahren [2], wie

- Elektroden-Hand-Schweißen
- Gas-Schweißen
- MAG-Hand-Schweißen, auch solche Verfahren, wie
- Metallpulver-Flammspritzen (PFSp)

- Draht-Flammspritzen (DFSp)
 - Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG-AS)
 - Kleb-, Gieß- und Laminier-technik (KGL).
- Das *Metallpulver-Flammspritzen* ermöglicht mit geringem Ausrüstungsaufwand das thermische Spritzen ohne Verzug (z. B. Brems-, Lenkungs- und Achsteile) und für unterschiedliche Verschleißanforderungen [2].

Das *Draht-Flammspritzen* (Bild 1) bringt mit mobilen Spritzeinrichtungen einen guten Korrosionsschutz für Stallausrüstungen (z. B. Kotroste, Standausrüstungen). Dabei geht es um die Wiederherstellung des Korrosionsschutzes mit verbesserten Verschleißeigenschaften durch den Auftrag von Zink als Korrosionsschutzschicht (40 bis 50 µm) mit anodischem Potential gegenüber Stahl sowie als Haftgrund für die darauf aufzutragende Aluminium-Schicht (200 µm) als Korrosions- und Verschleißschutzschicht durch Ausbildung einer Oxidschicht von relativ größerer Härte und mit anodischem Potential gegenüber Stahl. Der Wiederholerschutz ist vor wesentlicher Schädigung und Schwächung des Grundmaterials notwendig. Vor dem Auftrag sind die Einzelteile durch Strahlen zu rein-

Bild 1. Draht-Flammspritzen (Technologie: Grobreinigung mit Dampf, Reparaturschweißen, Strahlen mit Korund, Draht-Flammspritzen mit Zn und Al, Versiegeln mit Vinylanstrich); a Verdichter, b Druckluftbehälter, c kombinierter Druckluftfilter, d Druckminderer, e Gasflaschen, f Drahtspule, g Spritzdraht, h Schläuche, i Flammspritzpistole (Handgerät), k Werkstück

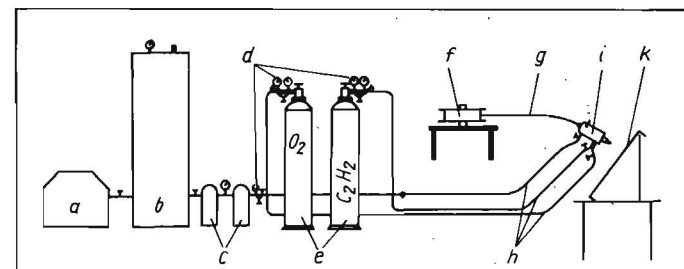
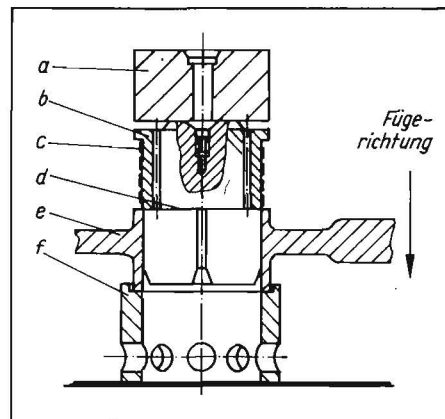


Bild 2. Buchseneinkleben in eine Keilriemenscheibe (Technologie: alkalische oder organische Vorreinigung, Feinbearbeitung der Bohrung, Nabenvorwärmung, mit Klebstoff beschichtete vorgefertigte neue Buchse fügen); a Kopfplatte, b Verschleißbuchse, c Klebstoff, d Dorn mit Zentrierfläche, e verschlissenes Einzelteil, f Unterlage



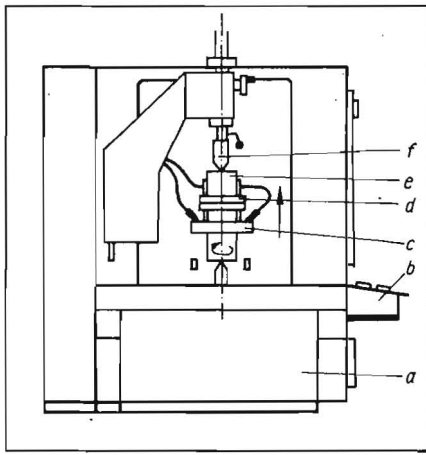


Bild 3
Anlage zur Hochfrequenz-Induktionshärtung;
a Induktionserwärmungsmaschine, b Bedienpult, c Wasserbrause, d Induktor, e Werkstück, f Werkstückaufnahme

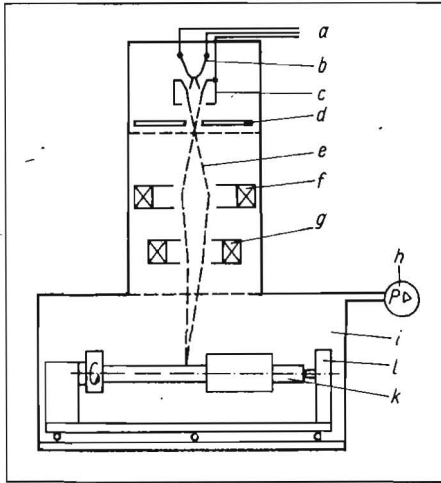


Bild 4
Elektronenstrahlanlage;
a Verbindung zur Hochspannungsanlage, b Katode, c Steuerelektrode, d Anode, e Elektronenstrahl, f Fokussierungslinse, g Ablenkspule, h Pumpensystem, i Vakuumkammer, k Werkstück, l Werkstückaufnahme- und Bewegungseinheit

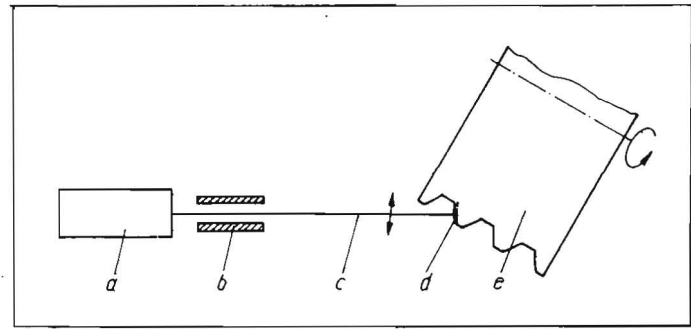


Bild 5. Elektronenstrahl-Umschmelzen an einer Keilriemenscheibe aus Grauguß oder Aluminium;
a Elektronenstrahlkanone, b Ablenkeinheit, c Elektronenstrahl, d beeinflusste Zone, e Werkstück

Tafel 1. Härtesteigerung durch Hochfrequenz-Induktionshärtung nach Kleinpeter [3] (Vorschub 0,5 m/min, Rotation 10 bis 20 m/min)

Grundwerkstoff	Härte (HB 30)	Zusatzwerkstoff	Härte davor	Härte danach	HRC	Härtesteigerung %
C 45	206	10 Mn Si6	160	422...551 ¹⁾	41...47	263...345
C 45	206	30 MnCrTi5	220	545...564 ¹⁾	51...53	248...256
C 35	172	-	204	597 ¹⁾	54	292
St 38	108...137	-	149	445 ¹⁾	44	298
St 60	175...211	10 Mn Si6	162	465 ²⁾	46	287
16 Mn Cr5	207	30 Mn CrTi5	230	530...602 ²⁾	50...55	241...262
16 Mn Cr5	207	50 Mn CrTi4	240	655 ²⁾	57	273
16 Mn Cr5	207	45 Cr Si 34	612	-	-	-

1) HV 5
2) HV 30

gen. Die Untersuchungen befinden sich im Versuchsstadium.

Das *Wolfram-Inertgas-Schweißen* ist für hochwertigen Materialauftrag an Gußteilen (z. B. gerissene Gehäuse aus GG, GS und Al-Guß) und Bauteilen aus Edelstahl (z. B. in der Nahrungsgüterwirtschaft) geeignet [2].

Die *Kleb-, Gieß- und Laminieretechnik* als einfachstes Verfahren zur Instandsetzung von figurellen Teilen (z. B. Risse und Durchbrüche), von Dichtflächen oder zum Einkleben von Verschleißteilen (z. B. Kleb-Preß-Verbindung zur Instandsetzung von Nabenprofilen, Bild 2) sollte breitere Anwendung erfahren.

Auszubauen ist die ETI der Grundtechnik im Landwirtschaftsbetrieb während des Winterreparaturprogramms.

Mechanisierungswürdige Veredlungsverfahren

Die mechanisierungswürdigen thermischen Oberflächenveredlungsverfahren zur ETI werden in Verfahrenskombination, z. B. nach dem Auftragschweißen, nach der mechanischen Nachbearbeitung oder Umformung zur Randschichthärtung oder Oberflächenumschmelzung partieller Funktionsstellen zentral eingesetzt. Nachfolgend soll auf einige Ergebnisse zu folgenden Verfahren eingegangen werden:

- Hochfrequenz-Induktionshärtung
- Elektronenstrahl-Oberflächenmodifikation
- Laser-Härtung.

Hochfrequenz-Induktionshärtung

Die Hochfrequenz-Induktionshärtung basiert darauf, daß aufgeschweißte, umgeformte

oder nachgearbeitete härtbare rotationssymmetrische Einzelteile nach der mechanischen Bearbeitung auf ein definiertes Übermaß (rd. 0,3 mm) mit einem speziell angepaßten Induktor unter kontinuierlichem Vorschub erwärmt werden (Bild 3). Dabei kommt es zur Austenitbildung. Durch die nachfolgende Wasserbrause wird die Funktionsstelle abgeschreckt und Martensit ausgebildet.

Außer dem Randschichthärten ist die Induktionserwärmung für das Lötten, Schweißen und Glühen einsetzbar. Das Randschichthärten eignet sich für rotationssymmetrische (Fest-, Gleit- und Dichtsitze von Wellen; profilierte Mitnehmersitze, z. B. von Keil- und Zahnwellen; Verzahnungen, z. B. von Zahn- und Kettenrädern) und figurelle (kurvenförmige Einzelteile, z. B. Nocken, Kipphebel und Schaltgabeln; Schneiden, z. B. Mähmesser; Führungsbahnen, z. B. Werkzeugmaschinenbett) Einzelteile und eine Härtetiefe von 0,6 bis 1,5 mm. Das Auftragschweißen ist für den Metallpulverauftrag (z. B. bei Pflugscharen) zu entwickeln. Das Weichglühen harter Grundwerkstoffe (Lagerbohrung in Gehäusen, z. B. vom Achsmittelstück einer Vorderachse) ist für die nachfolgende mechanische Bearbeitung erforderlich.

Ergebnisse der Randschichthärtung von aufgetragenen Zusatz- oder Grundwerkstoffen (Einsatz-, Bau- und Vergütungsstahl) belegen (Tafel 1), daß ein Anstieg der Härtewerte um das 1,5- bis 3,5fache möglich ist. Die Einzelwerte ergeben sich in Abhängigkeit vom Zusatz- oder Grundwerkstoff und vom Mischungsgrad nach der Auftragschweißung, also besonders vom C-Gehalt. Das Verfah-

ren ist für die ETI zentral im Bezirkmaßstab geeignet.

Elektronenstrahl-Oberflächenmodifikation

Die Elektronenstrahltechnik kann für folgende Verfahren eingesetzt werden:

- Verbindungsschweißen (z. B. Zahnradinstandsetzung)
- Auftragschweißen (z. B. Metallpulverauftrag mit hoher Verschleißfestigkeit)
- Oberflächenmodifikation [4] in den Varianten
 - Randschichthärten in der Festphase
 - Oberflächenumschmelzen mit Kornfeinung und Härtung
 - Oberflächenlegieren.

Die Elektronenstrahlanlage (Bild 4) besteht aus dem Triodensystem (Wolfram-Katode, Steuerelektrode, Anode) und dem Wehnelt-Zylinder (Linsen, Spulen) zur Erzeugung, Bündelung und Ablenkung des Elektronenstrahls. Beim Auftreffen des fokussierten Strahls auf die in der evakuierten Arbeitskammer befindliche Werkstückoberfläche wird die kinetische Energie der beschleunigten Elektronen größtenteils in Wärme umgewandelt und führt zu einer örtlich begrenzten thermischen Beeinflussung oder zum Aufschmelzen des Werkstoffes.

Ein Beispiel für die Neuteilveredlung zur Erhöhung der Lebensdauer einer Keilriemenscheibe (neu oder nachgearbeitet) zeigt das Bild 5. Dabei werden im Vakuum die seitlichen Laufflächen der Keilriemenscheibe mit dem Elektronenstrahl beaufschlagt (Flüssig- oder Festphase möglich). Der Elektronenstrahl wird punkt- oder rasterförmig über die zu behandelnde Fläche geführt, und seine

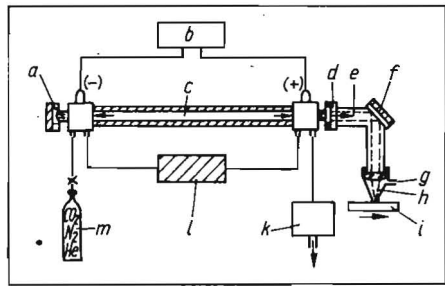


Bild 6. Aufbau eines Lasers (Technologie: Schleifen der Verschleißteillflächen, Aufkleben des Pulvers, Laserbehandlung); a sphärischer Spiegel, b Hochspannungsversorgung, c doppelwandiges gekühltes Entladungrohr, d Auskoppelscheibe, e ausgekoppelter Laserstrahl, f Umlenkspiegel, g Arbeitgas, h Arbeitsoptik, i Beschichtungsteil (Werkstück), k Vakuumsystem, l Kühlsystem, m Gasversorgung (CO₂/N₂/He-Gemisch)

Leistung wird so gesteuert, daß möglichst geringe oder keine Einbrandkerben entstehen (\cong Festphase), um die mechanische Nacharbeit gering zu halten. Die Härtewerte können bei Aluminium-Werkstoffen um das 0,3fache und bei Grauguß um das 3- bis 4fache gesteigert werden. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten befinden sich im Versuchsstadium.

Elektronenstrahlanlagen sind für die zentrale ETI im DDR-Maßstab vorgesehen.

Laserhärten

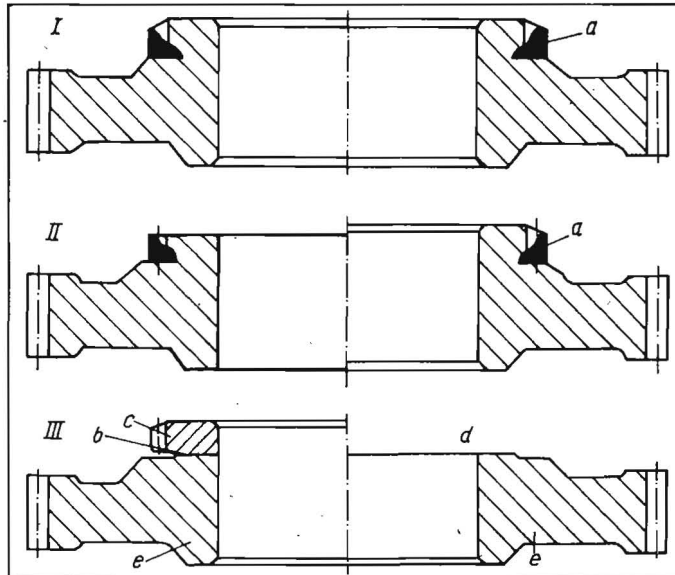
Beim Laserhärten wird die im Resonator durch Anregung des Lasermediums erzeugte Strahlung verstärkt, bis die Auskoppelschwelle überschritten wird und der Strahl aus dem Resonator austritt (Bild 6). Über optische Systeme wird der Strahl zum Werkstück gelenkt und kann beliebig fokussiert werden, bis die Leistungsdichte zur thermischen Beeinflussung der Werkstückoberfläche hoch genug ist.

Der Laser ist für folgende Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten vorgesehen:

- Oberflächenbehandlung und -härtung von Werkstücken aus Stahl, Gußeisen und Nichteisenmetallen, von Funktionsstellen an Wellen, Bohrungen und figurellen Bauteilen und von Auftragschichten (erforderliche Laserleistung \cong 0,5 bis 10 kW)
- Umschmelzen von Oberflächen, Glasieren (erforderliche Laserleistung \cong 1 kW)
- Auftragschweißen bzw. thermisches Spritzen von Metallpulver für hohe Verschleißfestigkeit (erforderliche Laserleistung \cong 3 kW)
- Oberflächenlegieren
- Glätten der Oberflächen.

Die Vorzüge des Lasers, analog zur Elektronenstrahltechnik, liegen im geringen Zeit-

Bild 7
Aufarbeitung von Getrieberädern durch Umformen und Elektronenstrahl-Verbindungsschweißen;
I) Vorbereitung zum Umformen (Freistich zuschweißen)
II) Umformen (links nach der Umformung, rechts vor der Umformung)
III) Elektronenstrahl-Verbindungsschweißen a MAG-Schweißnaht, b Elektronenstrahl-Schweißnaht, c neugefertigter Schaltzahnring, d abgetrennter Teil des verschlissenen Schaltzahnringes, e wiederverwendetes Zahnradteil



und Energieaufwand, in der schmalen Wärmeeinflußzone (ohne Verzug), in der Verschleißfestigkeitserhöhung, in der Behandlung schwer zugänglicher Funktionsstellen, in der hohen Positionsgenauigkeit und im nicht vorhandenen Werkzeugverschleiß. Der Vorteil des Lasers gegenüber dem Elektronenstrahl besteht darin, daß die Werkstückbehandlung in normaler Atmosphäre erfolgen kann. Gegenwärtig befinden sich Lichtbogenmetallgespritzte Kurbelwellen, die mit einem Laser behandelt wurden, in der Einsatzprüfung. Vorher durchgeführte Untersuchungen an Probekörpern ergaben eine Härtesteigerung um das 2- bis 3fache und eine Verschleißminderung um 50% gegenüber unbehandelten Lichtbogenmetallspritzschichten [5].

Verfahrenskombination Umformen/ Elektronenstrahl-Verbindungsschweißen

Das Haupttrah 1 des Getriebes des Traktors ZT300 hat eine Haupt- und eine Synchronverzahnung. Verschleiß tritt überwiegend an der Synchronverzahnung und in der Bohrung (Nadellagerauflagefläche) auf. Während der Aufarbeitung (Bild 7) wird zuerst der Freistich zwischen Grundkörper und Synchronverzahnung zugeschweißt. Die Bohrung und die verschlissene Synchronverzahnung werden erwärmt und mit Hilfe einer Presse in einem Umformwerkzeug so umgeformt, daß ein Teil des Materials der verschlissenen Synchronverzahnung in die Bohrung fließt. Durch einen Paßdorn wird ein Aufmaß (0,8 bis 1,2 mm) in der Bohrung gehalten [1]. Nach einer kontrollierten Abkühlung wird der Rest der Synchronverzahnung abgedreht, und die Planfläche und die Bohrung werden zum Verbindungsschweißen vorbereitet. Parallel dazu wird der Schaltzahnring

mit der Synchronverzahnung neu gefertigt. Eine Spannvorrichtung nimmt dazu gleichzeitig 6 Hauptträder mit neuen Schaltzahnringen auf. Sie werden dann in die Vakuumkammer einer Elektronenstrahl-Schweißanlage eingebracht und ohne Verzug verschweißt. Die Wärmebehandlung durch Karbonitrieren garantiert das gleiche Verschleißverhalten wie ein Neuteil. Die Instandsetzungskosten liegen unter 70% des Neuteilpreises.

Schlußfolgerungen

Die Perspektive der Einzelteilinstandsetzung in der landtechnischen Instandsetzung erfordert die Veredlung der Auftrag- und Grundwerkstoffe. Das gilt sowohl für die spezialisiert wie auch für die manuell durchgeführte Einzelteilinstandsetzung.

Literatur

- [1] Stibbe, J.; Kastner, G.; Forkel, E.; Puttscher, R.; Kulwatz, H.: Entwicklungstendenzen in der Instandsetzung von Einzelteilen. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 9, S. 391-394.
- [2] Stibbe, J.; Puttscher, R.; Flechtner, M.: Verfahren der Einzelteilinstandsetzung in LPG und VEG. agrartechnik, Berlin 37 (1987) 12, S. 551-554.
- [3] Kleinpeter, K.; Kastner, G., u. a.: Anwendung des Induktionshärtens bei der Einzelteilinstandsetzung. VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Forschungsbericht 1987.
- [4] Kulwatz, H.; Purtz, R., u. a.: Els-Oberflächenmodifikation. VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Forschungsbericht 1988.
- [5] Nowotny, S.: Veredeln thermisch gespritzter Schichten durch Nachbehandlung mittels CO₂-Laser. Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ Dresden, Dissertation A 1987. A 5506

Publikationsreihe

In der Publikationsreihe des Forschungszentrums für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft (FZM) Schlieben ist jetzt das Heft 35 erschienen. Das Heft, das beim FZM, Abt. LID, Gartenstraße 30, Schlieben, 7912, bestellt werden kann, soll nachfolgend kurz vorgestellt werden.

Das Fließverhalten landwirtschaftlicher flüchtiger Medien bei isothermer Rohrströmung

Von Dr. sc. techn. M. Türk. Reihe „Arbeiten zur Mechanisierung der Pflanzen- und Tierproduktion“, Heft 35/1988, Format 14,7 cm x 20,5 cm, 233 Seiten, 80 Bilder, 21 Tafeln, 208 Literaturquellen, Broschur, bei Einzelbezug etwa 45,- M

Es wird ein Überblick über den aktuellen Kenntnisstand der Rheologie der landwirtschaftlichen fluiden Fördermedien vermittelt. Diese Grundlagen sind für die Bemessung von Rohrförderanlagen der Futter- und der Güllewirtschaft notwendig. Zweckmäßige Rheometer, Auswertverfahren und mögliche Fehlerquellen werden beschrieben und diskutiert.