

1. Problematik

Die Aufarbeitung von Einzelteilen landtechnischer Arbeitsmittel umfaßt ein breites Sortiment von Teilen (etwa 1000 Positionen). Daraus resultieren sehr unterschiedliche Anforderungen an den Auftragsprozeß. Um diesen Anforderungen weitestgehend in technischer, technologischer und ökonomischer Hinsicht gerecht zu werden, sind die wesentlichen Einflußfaktoren in einer technologischen Aufgabenstellung zusammenzufassen und bei der Auswahl geeigneter Aufarbeitsverfahren sowie ihrer optimalen Arbeits- und Aufwandsdaten zu berücksichtigen. Ausgehend von derartigen technologischen Aufgabenstellungen werden sich die Anforderungen an Aufarbeitsverfahren konkretisieren lassen. Dabei ist im Interesse der Verringerung des Aufwandes eine Systematisierung angebracht. Das Ziel dieser Systematisierung muß darin bestehen, festzustellen, ob die Abnutzungsbedingungen, die letzten Endes den Schwerpunkt der Anforderungen an das Aufarbeitsverfahren bilden, bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegen. So stellt z. B. die aufzutragende Schichtdicke, die aus der Größe des eingetretenen Verschleißes resultiert, einen solchen Orientierungspunkt dar.

SCHADRITSCHEW [1] gibt für die Grundkörper wichtiger Verschleißpaarungen, die in Tafel 1 aufgeführten Werte an.

Tafel 1. Durchschnittlicher Verschleiß am Grundkörper wichtiger Paarungen nach SCHADRITSCHEW [1]

| Paarung | Größe des Verschleißes mm |
|---------------------|------------------------------|
| Wälzlager-Welle | 0,05 ... 0,10 |
| Gleitlager-Welle | 0,10 ... 0,15 |
| Schleibpaarungen | 0,11 ... 0,13 |
| Keilwellenpaarungen | 0,55 ... 0,60 |
| Kreuzgelenke | 0,06 ... 0,26 |

Dabei kommt er zu dem Schluß, daß man die Einzelteile in 3 Gruppen einteilen kann:

Auftragsdicke $h = 0,0 \dots 0,10$ mm
 $h = 0,11 \dots 0,30$ mm
 $h = 0,31 \dots 2,00$ mm

Für die in der DDR eingesetzten landtechnischen Arbeitsmittel liegen keine ähnlichen statistisch gesicherten Werte vor. Die von SCHADRITSCHEW angegebenen Werte lassen sich aber in erster Näherung auf die DDR übertragen. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß in der allgemeinen Entwicklung unserer landtechnischen Arbeitsmittel der Trend zur Verwendung von qualitativ hochwertigeren Werkstoffen, geringeren Einbauspielen und geringeren Oberflächenrauhtiefen zu erkennen ist. Diese Entwicklung wird unterstützt durch die Anwendung neuer polymerer Werkstoffe im Bereich der Landtechnik. Man wird also künftig Verfahren bevorzugen, die eine Dünnschichtauftragung und unter Umständen sogar eine maßgerechte Auftragung gestatten.

Dieses Beispiel zeigt deutlich, daß die Kenntnis der charakteristischen Größen für den Instandsetzungsprozeß einschließlich der Prüfung der Grenznutzungsdauer der Teile notwendig ist. Deshalb soll nachfolgend der Versuch unternommen werden, für die wichtigsten Verschleißpaarungen landtechnischer Arbeitsmittel eine Charakterisierung und Systematisierung der wichtigsten Abnutzungsbedingungen darzustellen, um daraus Anforderungen an Aufarbeitsverfahren abzuleiten.

2. Einteilung der Verschleißpaarungen

Betrachtet man die zur Aufarbeitung vorgesehenen Einzelteile, so zeigt sich, daß sie sich in nachstehenden Gruppen von Verschleißteilpaarungen einordnen lassen:

- Gleitlager-Wellen
- Wellenringdichtung — Welle
- Wälzlagersitz — Welle
- Nabe — Welle (Keilwellen-, Paßfeder-, Keilsitz- und Kegelpreßsitzverbindungen)

In den meisten Fällen stellt die Welle den Grundkörper dar. Die jeweiligen Paarungsteile bezeichnet man als Gegenkörper. Oft sind im Zusammenhang mit der Aufarbeitung nur die Parameter der Grundkörper von Interesse. Die Gegenkörper werden in vielen Fällen durch austauschbare oder nicht austauschbare Neuteile ersetzt. Selten sind Beispiele, bei denen Grund- und Gegenkörper einer Paarung der Aufarbeitung zugeführt werden. In jeder der obigen Gruppe liegen andere Abnutzungsbedingungen vor.

3. Beurteilungsmerkmale

Zur Beurteilung im Rahmen einer Klassifizierung können u. a. folgende Größen vorgesehen werden, wenn die äußeren Verschleißbedingungen (z. B. Schmierung) für Neuteile und Aufarbeitungsteile als konstant betrachtet werden können:

- L_{Gr} Länge der Verschleißteile am Grundkörper
- D_{Gr} Durchmesser der Verschleißstelle am Grundkörper
- W_{Gr} Werkstoff des Grundkörpers
- H_{Gr} Härte des Grundkörpers
- u_{Gr} Rauheit des Grundkörpers
- L_{Ge} Länge des Gegenkörpers
- D_{Ge} Durchmesser des Gegenkörpers
- W_{Ge} Werkstoff des Gegenkörpers
- H_{Ge} Härte des Gegenkörpers
- P_{Art} Belastungsart
- P Belastung (spezifische)
- V_{Art} Geschwindigkeitsart
- v Gleitgeschwindigkeit
- h Größe des eingetretenen Verschleißes

Je nach Darstellung dieser Größen ist es möglich, die Abnutzungsbedingungen der Paarungen zu charakterisieren und Forderungen der technologischen Aufgabenstellung für Aufarbeitsverfahren abzuleiten. Fragen der Dauerfestigkeit und des Gefüges bleiben vorerst unberücksichtigt.

4. Beziehungen zur Aufarbeitung

Um die Beziehungen zwischen den o. g. Größen und dem Komplex der Aufarbeitung deutlich zu machen, ist es notwendig, diesen genauer zu definieren, denn nicht alle Größen wirken gleichzeitig in allen Abschnitten.

Unter dem Komplex Aufarbeitung soll deshalb in diesem Zusammenhang die Vorbehandlung (Entfetten, Entrosten, Vorwärmen), das Auftragen des Materials, die Nachbehandlung (mech. Bearbeitung auf Originalmaß, Vergüten der Oberfläche u. ä.) und die Prüfung der Grenznutzungsdauer verstanden werden.

Für die Arbeitsgänge der Vorbehandlung ist beispielsweise der Werkstoff entscheidend. Bei der Auftragung des Materials interessieren im allgemeinen die Größe des eingetretenen Verschleißes und die daraus resultierende aufzutragende Schichtdicke sowie die aufgeführten Größen des Grundkörpers und in einigen Fällen auch die des Gegenkörpers. Dazu einige Beispiele [3]:

* Institut für Landtechnik der Universität Rostock (komm. Direktor: Dr. agr. habil. MATZOLD)

Tafel 2. Zusammenstellung der Beurteilungsmerkmale wichtiger Verschleißpaarungen landtechnischer Arbeitsmittel

| Verschleißgruppe: Wertungsgrößen | | Gleitlager-Welle | Wellenringdichtg.-Welle | Wälzlagersitz-Welle | Nabe-Welle |
|--|-----------------------------------|--|--|---|--|
| D_{Gr} | mm | 20 ... 50 | 20 ... 115 | 17 ... 90 | 12 ... 80 |
| l_{Gr} | mm | 20 ... 150 | Dichtringbreite | Lagerbreite 10 ... 50 | 15 ... 120 |
| W_{Gr} | — | St 50-2, 16 Mn Cr 5, St 37, St 38, St 42, 37 Mn Si 5 | St 50-2, Ck 45, 16 Mn Cr 5 + 10 andere | St 50, C 45, 16 Mn Cr 5, 37 Mn Si 5 + 14 andere | St 50, St 60, C 45, C 60, 35 Mn Si 5, 12, 20 Mn Cr 5 |
| H_{Gr} | HB | 130 ... 330 | 150 ... 350 = 75% 600 ... 650 = 25% | 120 ... 320 = 80% 600 ... 650 = 20% | 150 ... 300 = 70% 600 ... 650 = 30% |
| μ_{Gr} | μm | 4 = 20% 25 = 80% | 4 = 70% 25 = 30% | 4 = 46% 25 = 54% | 4 ... 25 = 90% |
| D_{Ge} | mm | 20 ... 50 | 20 ... 115 | 17 ... 90 | 12 ... 80 |
| W_{Ge} | — | GGL 20, GG 25, St 38, St 42, Hartgewebe | Gummi 70% Filtz 30% | Wälzlagerstahl | GGL 20, GGL 25, C 35, C 45, 37 Mn Si 5 |
| H_{Ge} | HB | 60 ... 125 = 20% 225 ... 275 = 76% | Gummi - 83 Shore Filtz - ? | — | 150 ... 250 = 70% 600 ... 650 = 30% |
| μ_{Ge} | μm | 4 = 20% 25 = 80% | — | — | — |
| P_{Art} | — | Fall I 48% Fall II 48% | const/klein | Fall I am Innenring = 85% | — |
| V_{Art} | — | Rotation gleichm. 46% Rotation schwing. 52% | — | — | — |
| p | kp/cm ² | 0 ... 10 = 68% 11 ... 70 = 20% | — | 10 ... 2000 = 90% | — |
| v | m/s | 0,12 = 80% 1,0 = 100% | 50 = 96% | — | — |
| $p \cdot v$ | $\frac{kp \cdot m}{cm^2 \cdot s}$ | 1,2 ... 70 | — | — | — |
| Grundgesamtheit St. | — | 25 | 35 | 54 | 56 |
| Durchschnittlicher Verschleiß nach [1] | mm | 0,10 ... 0,15 | 0,06 ... 0,09 | 0,05 ... 0,10 | 0,1 ... 0,25 (0,60) ¹ |
| Durchschnittl. Verschleiß-Erfahrungswerte in der DDR | mm | 0,17 | 0,10 | 0,10 | 0,15 ... 0,40 |

¹ Keilwellenpaarung nach SCHADRITSCHEW

a) L_{Gr} und D_{Gr} haben wesentlichen Einfluß auf die erreichbare Härte über die Aufwärmtemperatur des Werkstückes und die Bestimmung der Schweißgeschwindigkeit, die aufzutragende Masse und eine Reihe technologischer Daten;

b) Die Werkstoffgüte des Grundkörpers bestimmt die Schweißbarkeit und die Wahl des Zusatzwerkstoffes;

c) Die Härte des Grundwerkstoffes ist ebenfalls für die Wahl des Zusatzwerkstoffes ausschlaggebend;

d) Die Rauhtiefe des Grundwerkstoffes ist zur Überprüfung der durch das Verfahren und den Zusatzwerkstoff erzielten Rauhtiefe notwendig.

Tritt bei den betrachteten Paarungen Verschleiß am Grund- und Gegenkörper auf, so gilt das Gesagte auch für die entsprechenden Größen des Gegenkörpers. Ferner werden die Größen des Gegenkörpers zur Aufstellung des Prüfregimes zur Kontrolle der Grenznutzungsdauer mit praxisnahen Prüfbedingungen benötigt. Hierzu kommen dann noch die Größen P_{Art} , p , V_{Art} und v .

5. Ergebnisse der Analyse

Die Ergebnisse der Analyse von Verschleißpaarungen in der DDR produzierter Landmaschinen sind in Tafel 2 dargestellt. Betrachtet man die Ergebnisse im einzelnen, so zeigen sich bei den Parametern des Grundkörpers eindeutige Tendenzen, so daß die aufgeführten Größen direkt zur Erstellung der technologischen Aufgabenstellungen dienen können. Ferner sind die charakteristischen Merkmale der Gegenkörper aufgeführt, die zusammen mit der spezifischen Belastung p und der Gleitgeschwindigkeit v besonders bei Gleitlagern ein klares Bild bezüglich der konstruktionsseitigen Abnutzungsbedingungen ergeben. Bei den anderen Gruppen konnten diese Werte nicht vollständig erfaßt werden.

Betrachtet man den durchschnittlich eintretenden Verschleiß bei diesen Gruppen, so zeigt sich, daß die Welle der Paarungen Gleitlager — Welle sowie Nabe — Welle für die Normalschichtauftragung und bei den Paarungen Wellendichtring — Welle sowie Wälzlagersitz — Welle für die Dünnschichtauftragung geeignet sind.

Zur Aufstellung von Parametern für Prüfvorschriften zur Prüfung von Grenznutzungsdauern können nur die Werte der Paarung Gleitlager — Welle benutzt werden.

6. Zusammenfassung

Die Verschiedenartigkeit der Einzelteile für die Aufarbeitung erfordert sehr verschiedene Maßnahmen, wenn man sie

einzelnd betrachtet und davon ausgeht, daß es für jedes Teil ein Optimum gibt. Ordnet man die Einzelteile aber in Gruppen gleicher und ähnlicher Bedingungen, so reduziert sich die Vielzahl der Abnutzungsbedingungen wesentlich und führt zu einer Vereinfachung des gesamten Aufarbeitungswesens. Dieser Schritt ist aber nur gangbar, wenn nahezu alle Aufarbeitungspositionen so bekannt sind, daß sie sich mit allen benötigten Angaben in ein Systematisierungsschema einordnen lassen. Die wichtigsten Größen sind dabei H_{Gr} , W_{Gr} und der durchschnittliche Verschleiß. Die Auswertung solcher Analysen könnte mit Hilfe der maschinellen Rechentechnik erfolgen. Die hier aufgeführte manuelle Auswertung weist darauf hin, daß durch die Aufarbeitungsteile nur zwei Gruppen von Verfahren gefordert werden:

- Standardverfahren mit Schichtdicken bis 2,5 mm, Härten von 150 bis 350 HB und Durchmessern von 20 bis 120 mm (z. B. CO₂-SG-Auftragsschweißen)
- Dünnschichtauftragsverfahren mit Schichtdicken bis 0,15 mm und Härten von 150 bis 600 HB (z. B. galvan. Auftragen von Chrom und Stahl, Metallspritzen).

Bei der Behandlung dieser Probleme sollte man künftig davon ausgehen, daß die angewendeten Verfahren nach den erforderlichen Parametern des Einzelteiles ausgewählt oder dafür entwickelt werden.

Literatur

- SCHADRITSCHEW, W. A.: Remont avtomobili. Verlag Mashinostroenie Moskau/Leningrad 1965
- BONENSTEFFEN, F.: Untersuchungen von Verschleißteilen an landtechnischen Arbeitsmitteln. Diplomarbeit am Institut für Landtechnik der Universität Rostock 1967 (unveröffentlicht)
- STEGMANN, F.: Über die Anwendungsbereiche für Aufarbeitungsverfahren. Deutsche Agrartechnik 18 (1968) H. 9, S. 422