

In diesem Beitrag aus dem zentralen tschechoslowakischen Institut für Landtechnik wird dargelegt, wie durch instandhaltungsgerechtes Konstruieren die Verschleißkennziffern zusammenwirkender Bauteile bzw. größerer Komplexe aufeinander abgestimmt und dadurch die Instandsetzungsarbeiten erleichtert werden können. Es wäre zu begrüßen, wenn unsere Institute ebenfalls solche Methoden in den Prüfungsablauf aufnehmen würden. Einmal erscheint uns dies notwendig im Hinblick auf die in der Entwicklung befindliche Progressive Pflegeordnung, zum anderen ließe sich damit erreichen, daß die Praxis bereits bei Inbetriebnahme von Maschinen einer neuen Serie Hinweise bzw. Festlegungen über Normzeiten für Pflege und Ersatzteilverbrauchs-kennziffern erhält.

Die Redaktion

In Verbindung mit der Einführung eines neuen Schleppertyps in die landwirtschaftliche Praxis entsteht gleichzeitig auch die Notwendigkeit, technisch begründete Richtlinien für die Periodizität der Durchführung der Technischen Pflege und Normen für den Ersatzteilverbrauch dieser Bauart festzulegen. Dieses Ziel kann durch die Beobachtung einer größeren Anzahl von Schleppern direkt im landwirtschaftlichen Betrieb und durch die Bestimmung des Verlaufs der Abnutzung und der Nutzungsdauer aller wichtigen Bestandteile (deren sich bewegende Flächen dem Verschleiß durch mechanische, chemische oder Wärmeeinwirkung bzw. einer Deformation unterliegen) erreicht werden. Der Einfluß einer rechtzeitigen und vollwertigen Durchführung aller vorgeschriebenen Maßnahmen der technischen Pflege auf die Verlängerung der Nutzungsdauer wird bisher nicht genügend anerkannt und beachtet. Die Nutzungsdauer der Bestandteile und dadurch auch des ganzen Schleppers richtet sich nach der Qualität der Wartung und schwankt in Grenzen bis zu $\pm 50\%$.

Für den Betrieb und die maximale Ausnutzung der Arbeitszeit eines Schleppers ist daher folgendes außerordentlich wichtig:

- a) Ausarbeitung von Richtlinien, die genau den Umfang der einzelnen Stufen der technischen Pflege festlegen;
- b) Bestimmung der Nutzungsdauer der Bestandteile zur Festlegung der Termine für den Austausch und der Normen für den Verbrauch von Ersatzteilen;
- c) Festlegung der Periodizität der einzelnen Pflegestufen und der mittleren und Generalüberholungen in Übereinstimmung mit den Fristen für den Austausch von Ersatzteilen, den Öl- und Schmiermittelwechsel und den notwendigen Maßnahmen zur Kontrolle, Einregulierung und Schmierung des Schleppers.

1. Methodisches Verfahren

In der CSSR werden diese Fragen im allgemeinen auf folgende Art gelöst:

Während der Prüfungen wird eine größere Anzahl (gewöhnlich 10) Schlepper der Nullserie kontrolliert, und zwar im Zeitraum vom Zusammenbau im Herstellerwerk bis zur Generalüberholung. Bei den üblichen Schleppertypen sind dies ungefähr 4000 Betriebsstunden. Vor Beginn der Betriebsprüfungen werden direkt im Herstellerwerk noch vor dem Zusammenbau sämtliche dem Verschleiß unterliegenden Bestandteile an im voraus bestimmten Stellen genau gemessen. Außer der Feststellung der Abmessungen werden bei den wichtigsten Bestandteilen auch Güte und Härte der Berührungsfächen bewertet.

Diese zur Stichprobe ausgewählten Bestandteile werden dann gekennzeichnet und in eine bestimmte Anzahl von Schleppern eingebaut. Die Motore dieser Schlepper müssen die vorgeschriebene Zeit auf dem Bremsstand eingelaufen sein, dabei wird die Motorcharakteristik in üblicher Weise aufgenommen. Nach dieser grundlegenden technischen Untersuchung werden die Schlepper in Gebieten und unter Bedingungen, für die sie später bestimmt sind, im landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzt. Es handelt sich also um einen normalen, serienmäßig

gefertigten Schlepper, der darüber hinaus nur mit einem Betriebsstundenzähler (Vielfaches der Motordrehzahl) ausgestattet ist — falls dieser Zähler nicht zu seiner serienmäßigen Ausstattung gehört. In der CSSR erfolgen nämlich die Pflege- und Instandhaltungsarbeiten genauso wie z. B. auch in der DDR, in Abhängigkeit vom Kraftstoffverbrauch und es ist eines der Ziele dieser Prüfungen, einen durchschnittlichen Umrechnungskoeffizienten für den Vergleich der Betriebsstunden und der verbrauchten Kraftstoffmenge festzulegen. Der Betrieb der zu prüfenden Schlepper richtet sich nach den Regeln der technischen Pflege, die je nach der Schlepperproduktion und den Erfahrungen mit ähnlichen Typen im voraus vorgeschlagen wurden.

Während des Einsatzes werden folgende Beobachtungen vorgenommen:

- a) Zeitaufnahmen der technischen Pflege,
- b) Abnahme von Ölproben,
- c) periodische technische Begutachtungen.

Die technische Pflege besteht im wesentlichen aus Kontrolle, Einregulierung und Abschmieren. Durch Auswertung der Zeitaufnahmen kann man bestimmen, wie oft die einzelnen Maßnahmen durchgeführt werden müssen und welche Arbeitszeiten, Werkzeuge, Ersatzteile und andere Materialien dazu notwendig sind.

Die Ölproben werden ungefähr nach je 10 Betriebsstunden entnommen; beim Ölwechsel werden dann außer der Ölprobe aus dem Motor auch Proben der Filterrückstände (Filterschlamm) und Proben des Spülöls nach dem Durchspülen entnommen. Aus ihrer Analyse wird der Verlauf der Alterung und die notwendige Periodizität des Ölwechsels festgestellt.

Eine periodische technische Begutachtung erfolgt nach ungefähr 500 Betriebsstunden bei möglichst geringer Demontage, sie besteht aus Mikromessung und Beurteilung des Zustands der Kollengruppe und des Zylinderkopfes.

Nach 2000 Betriebsstunden folgt eine vollkommene technische Begutachtung, das heißt Mikromessung aller Hauptbestandteile und Kontrollprüfungen der Motore auf dem Bremsstand. Nach Beendigung der Betriebsprüfungen wird eine abschließende technische Begutachtung im vollen Umfang durchgeführt.

Bei möglicherweise auftretenden Betriebsstörungen, unvorhergesehenen Reparaturen und Ersatzteilwechsel werden die alten und neuen Bestandteile gemessen und ihr Zustand beurteilt.

2. Auswertung der Ergebnisse

Das Hauptergebnis dieser Prüfung ist die Kenntnis über den Verlauf des Verschleißes der einzelnen Bestandteile, aus der sich die grundlegenden Kennziffern für alle weiteren Maßnahmen ableiten. Die Nutzungsdauer der Bauteile ist als die Zeit (in Betriebsstunden, gegebenenfalls in l Kraftstoffverbrauch) definiert, in der ein Bestandteil bis zum höchstzulässigen inneren oder minimalen äußeren Durchmesser abgenutzt wird. Ähnlich ist als Nutzungsdauer eines Bauteilpaares die Zeit, in der das Spiel zwischen den Bauteilen die höchstzulässigen Werte erreicht. Diese maximal zulässigen Abmessungen sind durch viele, hauptsächlich funktionsmäßige und Festigkeitseinflüsse begrenzt und ihre Bestimmung ist eine Frage

* Forschungsinstitut für Landtechnik, Repry bei Prag (Direktor: Ing. M. PREININGER).

anderweitiger wissenschaftlicher Forschungen. Grundsätzlich ist es aber notwendig, daß sie noch im geraden Teil der Kurve des Abnutzungsverlaufs liegen, d. h. noch vor ihrem steilen Anstieg, der Bruchgefahr zur Folge hat.

Für jeden der geprüften Schlepper wird also nach den gemessenen Werten der Verlauf des Verschleißes der einzelnen Bestandteile (gegebenenfalls bei einer größeren Anzahl gleicher Bauteile der Durchschnittswerte) in Abhängigkeit von den Betriebsstunden aufgetragen. Der Schnittpunkt der Verschleißkurve mit dem Wert der zulässigen Abmessung zeigt dann die Nutzungsdauer eines bestimmten Bauteiles. Nach der gleichen Methode wird auch gleichzeitig ein Paar gepaßter Bauteile gewertet — zum Beispiel der sich vergrößernde Lagerdurchmesser und der sich verkleinernde Durchmesser des Bolzens; die Summe der Ordinaten ergibt das Spiel des Bauteilpaares.

Die derart einzeln bestimmte Nutzungsdauer aller untersuchten Bauteile und -teilpaare wird dann nach mathematisch-statistischen Methoden zu Mittelwerten mit wahrscheinlichen Abweichungen verdichtet.

Das grundlegende Prinzip wirtschaftlicher Pflege- und Instandsetzungsarbeiten ist die Forderung, daß soviel als möglich Operationen in eine geringe Zahl von Pflege- und Überholungsstufen zusammengefaßt werden. Das bedeutet, daß für eine möglichst große Anzahl von Bauteilen eine gleichlange Nutzungsdauer wünschenswert ist.

Der Turnus für die Generalüberholung wird normalerweise durch die Nutzungsdauer des Kurbelmechanismus bestimmt. Es ist daher notwendig, aus den gewonnenen Ergebnissen der untersuchten Schlepper die Nutzungsdauer des Kurbelmechanismus herauszuarbeiten und durch Vergleich mit der Nutzungsdauer der Bauteile der Kolbengruppe, die für die Frist der mittleren Überholung entscheidend ist, die Periodizität der Überholungen festzusetzen. Bedingung ist, daß die Frist für die Generalüberholung ein Vielfaches der Frist für die mittlere Überholung ist und also auch die Nutzungsdauer der entsprechenden Bauteile im gleichen Verhältnis steht. Die Nutzungsdauer der Getriebe ist normalerweise wiederum ein Vielfaches der Frist der Generalüberholung.

Falls es bei der Auswertung der Prüfungsergebnisse nicht gelingt, diese Grundsätze einzuhalten, ist es notwendig, die Periodizität der Überholungsarbeiten nach der kürzesten erzielten Nutzungsdauer festzulegen. Gleichzeitig muß aber das Herstellerwerk ersucht werden, die „stark verschleißanfälligen Stellen“ zu beseitigen und gegebenenfalls mit Hilfe einer besseren Filtrierung, einer Änderung des Schmier-systems, der Kühlung, der Güte der Oberflächen und evtl. auch der Masse der Bestandteile, die Nutzungsdauer der Bauteilgruppen in Einklang zu bringen.

Der Turnus für die erste Stufe der technischen Pflege wird nach der Analyse der entnommenen Ölproben festgelegt. Die Ergebnisse der Analysen, d. h. der Ölverschleiß, werden auf die gleiche Weise gewertet wie die Abnutzung der Bestandteile, denn auch diese Kurven haben einen ähnlichen Verlauf. Die Frist für den Ölwechsel ist dann durch den Zeitraum gegeben, nach dem sich der Gehalt an Verunreinigungen, Asche und Eisen in der Asche sowie die Neutralisationszahl den kritischen Werten nähern, d. h. durch den Zeitraum vor dem jähen Anwachsen dieser Werte. Die Bestimmung dieser kritischen Werte ist wiederum eine Frage selbständiger, in der Literatur veröffentlichter wissenschaftlicher Forschungsarbeiten.

Zur Bestimmung des Termins der weiteren Pflegestufe dienen einerseits die Erkenntnis aus den teilweisen periodischen Begutachtungen (Ventileinschleifen), andererseits die Nutzungsdauer gewisser Bauteile (z. B. der Kolbenringe), die nicht mit den Fristen für die Überholungen in Einklang gebracht werden können.

Durch die Auswertung der Zeitaufnahmen der technischen Bedienung wird der Inhalt der technischen Pflegemaßnahmen, die bereits durch andere Faktoren bestimmt sind, sowie der Umfang der täglichen Wartung festgelegt.

Falls sich aus den Zeitaufnahmen infolge erforderlicher Wartungsmaßnahmen die Notwendigkeit einer weiteren selbständigen Pflegestufe ergibt, muß diese ein Vielfaches der Frist der ersten Pflegestufe betragen, d. h. des Ölwechsels im Motor. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und Einfachheit der Durchführung der technischen Pflege ist es aber wünschenswert, die Anzahl der Pflegestufen nicht zu erweitern und mit Hilfe von Konstruktionsmaßnahmen (Selbstschmierlager, automatische Spielbegrenzung) die Fristen für die einzelnen Operationen in den bereits festgelegten zwei bis maximal drei Stufen der technischen Pflege zu vereinigen.

Die Kontrollprüfungen des Motors auf dem Bremsstand dienen hauptsächlich zur Beurteilung des Verschleißes am Motor als Ganzes. Durch die normale Betriebsabnutzung verschlechtern sich die Kennziffern des Schleppers bis zur mittleren Überholung (Laufbuchsenwechsel) nicht um mehr als um 5 bis 8%. Eine darüber hinausgehende Verschlechterung zeigt entweder einen Defekt oder die Notwendigkeit an, das Kraftstoffsystem öfter einzustellen, und zwar insbesondere die Einspritzpumpen und Düsen.

Nach der Festlegung der Periodizität und des Umfangs der einzelnen Stufen der technischen Pflege ist es bereits möglich, die notwendigen Richtlinien für die Durchführung der technischen Pflege auszuarbeiten, d. h. die benötigten Werkzeuge, Ersatzteile, Hilfsmaterialien, die Arbeitskräfte und die Zeit für jede Pflegestufe festzulegen.

Aus dem Vergleich der geleisteten Betriebsstunden und der aufgewendeten Kraftstoffmenge bei allen untersuchten Schleppern ergibt sich dann auch der mittlere Umrechnungskoeffizient.

Aus der tatsächlichen betrieblichen Nutzungsdauer eines Bauteiles, d. h. aus der Frist bis zu seinem Austausch, ist es weiter möglich, auch Normen für den Ersatzteilbedarf zu erarbeiten, z. B. für 100 Schlepper auf 1000 Betriebsstunden oder auf 10 000 l Kraftstoffverbrauch.

Aus dem Gesagten geht die Notwendigkeit hervor, langfristige Betriebsprüfungen der Schlepper durchzuführen, um den Verlauf des Verschleißes und die Nutzungsdauer der Bestandteile vor der Ausarbeitung von Richtlinien für die technische Pflege und der Ersatzteilverbrauchsnormen und vor der Festlegung des Zeitraums zwischen den Überholungsmaßnahmen festlegen zu können.

3. Die praktische Anwendung des Vorhergesagten bei Prüfungen des Schleppers „Zetor Super“ und einige der interessantesten Ergebnisse

Auf die angeführte Art und Weise wurden auch Schlepper „Zetor Super“ überprüft, und zwar sowohl Rad- als auch Kettenschlepper. Es ist hier aus Raumgründen nicht möglich, im Einzelnen auf die Ergebnisse dieser Untersuchungen einzugehen. Deshalb seien nur anhand einiger Abbildungen Umfang der Untersuchungen und einige sich daraus ergebende Schlußfolgerungen angedeutet.

3.1. Motorprüfungen

Die Motoren zweier Kettenschlepper wurden bis ins einzelne in folgenden Etappen auf dem Bremsstand überprüft:

- a) neuer Motor nach dem Einlaufen im Werk
- b) vor der Generalüberholung im Zustand der Übergabe
- c) vor der Generalüberholung mit vorschriftsmäßig eingestellter Einspritzpumpe und ordnungsgemäßen Düsen
- d) nach der Generalüberholung.

Beide Motore wurden während ihres Betriebs unterschiedlich gepflegt, so daß sich daraus wesentliche Schlußfolgerungen über den Einfluß der Pflege und Wartung auf den Zustand und das Leistungsvermögen des Motors ergaben.

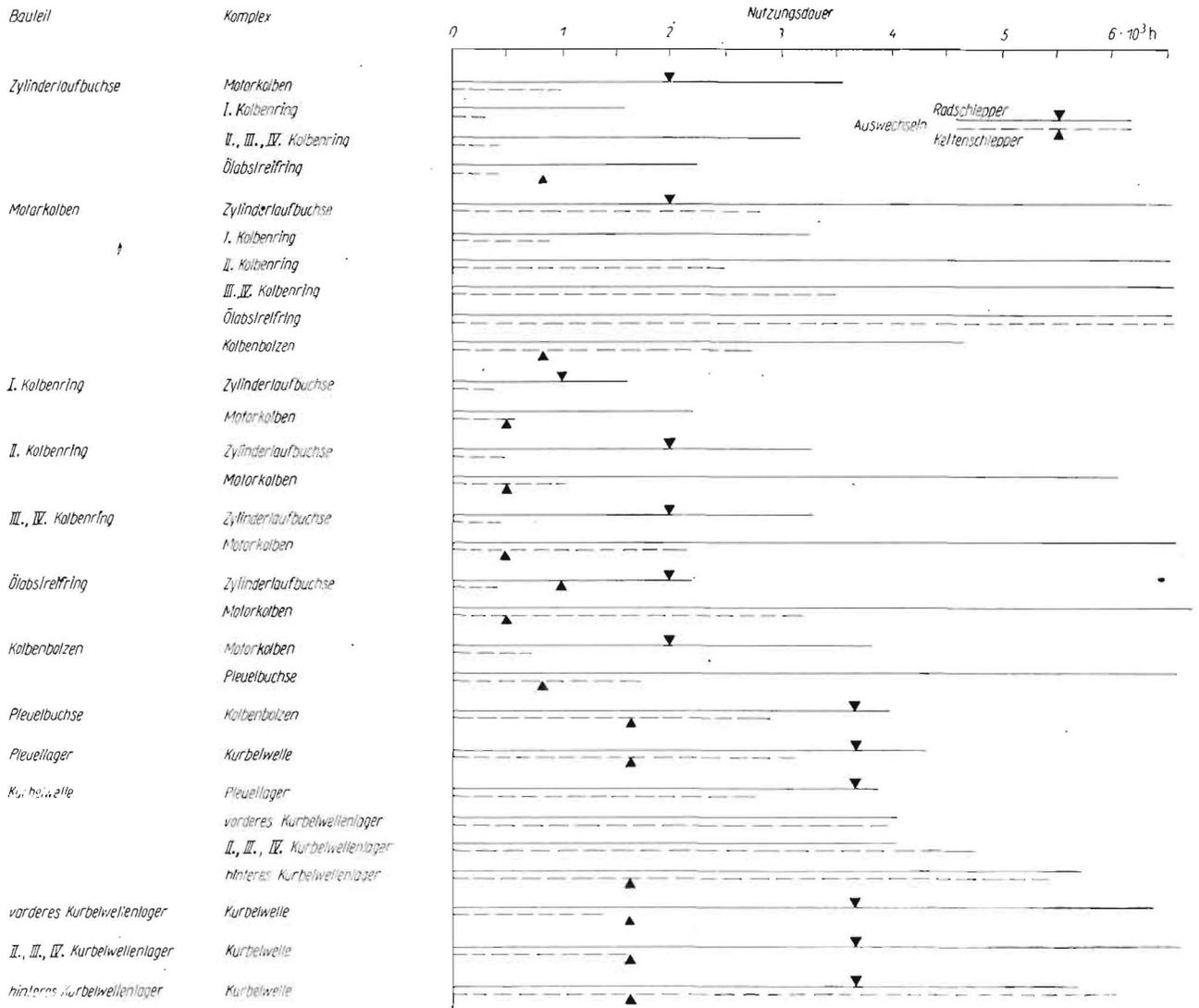


Bild 1. Nutzungsdauer einzelner Bauteile bei Bauteilpaaren

3.2. Abnutzungsverlauf und Nutzungsdauer der Verschleißteilpaare

Die Nutzungsdauer der einzelnen Bauteile unter Berücksichtigung des zweiten Bauteils des entsprechenden Paares ist in Bild 1 übersichtlich angeordnet. Hier ist auch gleichzeitig die Stufe der technischen Pflege oder die Überholung gekennzeichnet, bei der das entsprechende Teil auszuwechseln ist. Die Anzahl der Betriebsstunden bis zum Austausch muß kleiner sein als die kürzeste auftretende Nutzungsdauer des Teiles.

3.2.1. Schlußfolgerungen aus den Untersuchungen am Motor des Radschleppers

Auf die Nutzungsdauer bzw. auf den Durchführungsstern der Motorüberholungen haben drei Bauteile einen wesentlichen Einfluß: der erste Kolbenring, die Zylinderlaufbuchse

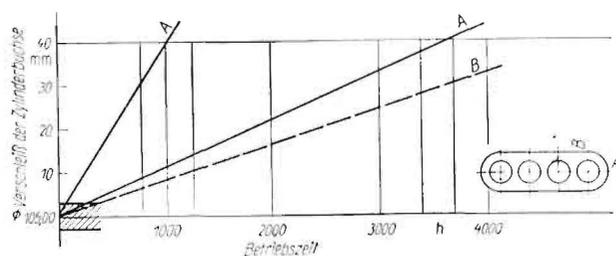


Bild 2. Beispiel für die Abnutzung der Zylinderlaufbuchse

und die Kurbelwelle. Die Nutzungsdauer des ersten Kolbenrings bestimmt die erste Stufe der technischen Pflege, die Nutzungsdauer der Zylinderlaufbuchsen die mittlere und die der Kurbelwelle die Generalüberholung. Das geht auch aus Bild 1 hervor, dem man entnehmen kann, nach etwa wieviel Betriebsstunden ein Teil der jeweiligen Verschleißteilpaarung so weit abgenutzt ist, daß die Funktion nicht mehr gewährleistet ist und ein Auswechseln der entsprechenden Teile erforderlich wird. So kann man z. B. aus Bild 1 ersehen, daß der 1. Kolbenring bei der ersten Pflegestufe (960 Betriebsstunden), die anderen Kolbenringe erst nach einer doppelt so langen Zeit (1900 Betriebsstunden), also bei der mittleren Überholung auszutauschen sind.

Ein Beispiel für die Abnutzung der Zylinderlaufbuchse ist in Bild 2 dargestellt.

Der resultierende vereinfachte Verlauf der Abnutzung ist durch eine Gerade veranschaulicht, die den Mittelwert der Anfangsmessungen (errechnete Mitte des Toleranzbereichs) mit dem Wert der resultierenden Nutzungsdauer der Bestandteile verbindet. Der Ersatz der Kurve des tatsächlichen Abnutzungsverlaufs durch eine Gerade ist unter der Voraussetzung möglich, daß die Bestandteile noch vor dem jähen Anstieg (Umschlag) der Verschleißkurve ausgewechselt werden, d. h. noch während ihres geradlinigen Verlaufs, was an und für sich eine notwendige Anforderung ist.

Der Verschleiß ist in der Ebene der Motorachse A durch eine volle Linie, in der darauf senkrechten Ebene (d. h. in der

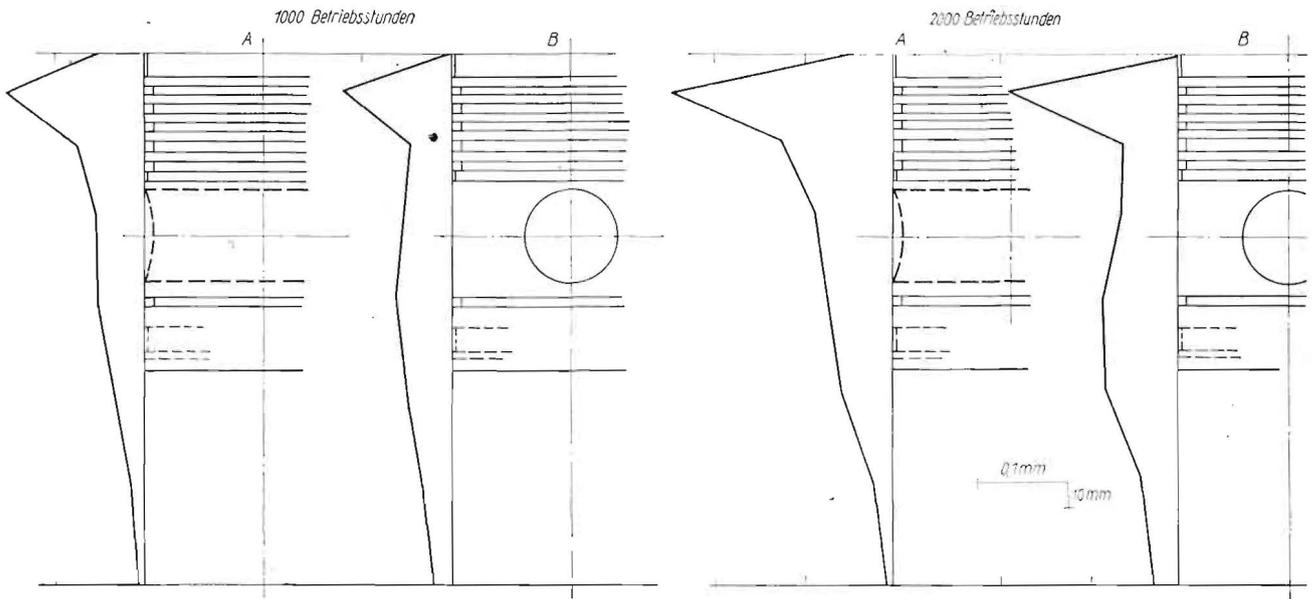


Bild 3. Abnutzungslauf von Zylinderlaufbuchsen

Ebene der Pleuelstangenschwingung B) durch eine gestrichelte Linie veranschaulicht. Die Differenz der Ordinaten beider Linien drückt die Unrundheit aus.

Der Wert des maximal zulässigen Verschleißes 0,4 mm wurde im Hinblick auf die Möglichkeit des Nachschleifens der Zylinderlaufbuchsen (Durchmesservergrößerung um 0,5 mm) bestimmt. Die Unrundheit erreicht bei diesem Verschleiß ungefähr 0,1 mm (Hauptachse der Ellipse 0,4 mm, Nebenachse 0,3 mm). Vom Gesichtspunkt der Funktion gesehen (Startfähigkeit, Ölverbrauch) sind diese Werte hoch. In der Literatur wird für einen Durchmesser von 100 mm eine zulässige Abnutzung von ungefähr 0,25 mm angegeben. Das Auswechseln der Zylinderlaufbuchsen wurde daher für die mittlere Überholung vorgesehen, d. h. nach 1920 Betriebsstunden, wenn die Abnutzung etwa 0,23 mm und die Unrundheit 0,05 mm betragen.

Der Verlauf der Abnutzung längs der Zylinderlaufbuchsenwand in den beiden aufeinander senkrechten Ebenen nach 1000 und 2000 Betriebsstunden zeigt Bild 3. Die Linie der Abnutzung wurde durch die Verbindung von acht Punkten, an denen die gemessenen Werte aufgetragen wurden, gewonnen. Außer der Abnutzung ist der Einfluß des Staubgehalts der angesaugten Luft (im oberen Teil) und der Einfluß der Ölverunreinigung (im unteren Teil, hauptsächlich in der Ebene B, wo der Kolben an der Buchsenwand anliegt) ersichtlich.

Bei der Verfolgung der Unrundheit der Zylinderbuchse von oben nach unten ist eine allmähliche Änderung der Orientierung der Haupt- und Nebenachse der entstandenen Ellipse zu beobachten. Im oberen Teil fällt die Hauptachse in die Ebene A, im mittleren Teil nähern sich die Längen der beiden Achsen an (annähernd ein Kreis) und im unteren Teil fällt die Hauptachse in die Ebene B. Ansonsten bestätigt der Verschleiß bereits festgestellte und in der Literatur beschriebene Vorgänge.

3.2.2. Schlußfolgerungen aus den Untersuchungen am Motor des Kettenschleppers

Der Motor des Kettenschleppers hat eine um ein Vielfaches geringere Nutzungsdauer, wofür es einige Ursachen gibt. Den wahrscheinlich größten Einfluß auf die Erhöhung des Verschleißes der Bauteile der Kettenschlepper hat der Staubgehalt der Umgebung, beim Motor der Staubgehalt der an-

gesaugten Luft. Nach Literaturangaben steigt die Abnutzung gleichfalls mit der zunehmenden mittleren Kolbengeschwindigkeit und dem durchschnittlichen effektiven Druck. Der Motor des Kettenschleppers arbeitet meistens bei einer Einstellung des Leistungsreglers auf maximale Drehzahl und bei einer höheren Auslastung, während der Motor der Radschlepper sehr oft bei einer verminderten Drehzahl und bei niedrigerer Belastung (50 %) arbeitet. Günstig dürfte dagegen beim Kettenschleppermotor die Einwirkung der höheren Betriebstemperaturen sein. Den größten Anteil an der Verkürzung der Nutzungsdauer der Bauteile hat aber wahrscheinlich der ungenügende Wirkungsgrad der Luft- und Ölfilter.

Für die maximalen bzw. minimalen zulässigen Abmessungen, das Spiel und die Abnutzung wurden für die gleichen Bestandteile des Kettenschleppers die Werte für den Radschlepper angenommen. Die Bauteile der Kolbengruppe (Zylinderlaufbuchse, Kolben, Kolbenringe) nützen sich annähernd auf die gleiche Weise ab wie bei Radschleppern, ihre Nutzungsdauer ist aber drei- bis viermal geringer.

4. Zusammenfassung

Aus der angeführten Übersicht sind außerordentlich bedeutende Unterschiede in der Nutzungsdauer der Bestandteile überhaupt, in der Nutzungsdauer der Bestandteile einer Gruppe, gegebenenfalls auch der aufeinander einwirkenden Bauteile (Verschleißteilpaare) ersichtlich. Es ist daher notwendig, bei der Konstruktion, der Wahl der Toleranzen, des Materials und der technologischen Verfahren danach zu streben, daß die Nutzungsdauer der Bauteile wenigstens ein und derselben Gruppe bzw. eines größeren Komplexes übereinstimmt.

Der wirtschaftliche Betrieb des Schleppers verlangt eine minimale Anzahl von Überholungen, und zwar nur solcher, bei denen gleichzeitig ganze Bestandteilgruppen oder auch größere Komplexe ausgewechselt werden. Der Idealzustand ist eine gleiche Nutzungsdauer (bei ihrer gleichzeitigen Verlängerung) aller Bestandteile des ganzen Schleppers, wodurch Generalüberholungen überhaupt wegfallen würden. Bei dem Streben nach diesem Endziel wird die Schlepperindustrie der CSSR durch die hier in ihren Grundzügen umrissene Prüfung wirkungsvoll unterstützt.

A 4861