

Zusammenhang zwischen der Instandsetzungsprozeßgestaltung und der Ausprägung ausgewählter Qualitätsmerkmale grundinstand gesetzter Dieselmotoren

Dozent Dr.-Ing. G. Stegemann, KDT/Dipl.-Ing. I. Wohlfahrt, KDT
Dipl.-Ing. B. Hidde, KDT, Ingenieurschule für Landtechnik „M. I. Kalinin“ Friesack

Verwendete Formelzeichen

a	µm	mittlere Kreisformabweichung
A _F	%	Flächenabdeckung durch Verschleißpartikel
E _(th)		mittlere Verschleißintensität
F _B	kN	Bruchkraft
f _v	µm/h	mittlere Verschleißgeschwindigkeit
l _F	mm	Abstand vom Probenauftrittspunkt
P _m	kW	mechanische Verlustleistung
R _a	µm	arithmetischer Mittenrauhwert
R ₉₀		Überlebenswahrscheinlichkeit
t	min, h	Nutzungsdauer
θ ₀₁	°C	Öltemperatur

1. Problematik

Die Erfahrung zeigt, daß der Qualitätsbegriff häufig sehr allgemein und weitgefaßt und in anderen Fällen nur eingeschränkt angewandt wird. Das kann in der Konsequenz zu wesentlich voneinander abweichenden Qualitätseinschätzungen gleicher Produkte führen. Allgemein ist die Qualität „... die Gesamtheit der Eigenschaften eines Erzeugnisses, die den Grad seiner Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck bestimmt“ [1].

Im Sinne einer möglichst eindeutigen Beschreibung der Qualität eines Produktes (z. B. eines instand gesetzten Dieselmotors) ist es notwendig, die qualitätswirksamen Eigenschaften dieses Produktes durch meßbare Merkmale (Qualitätsmerkmale) zu erfassen und überprüfbar zu machen. Auf der Grundlage derartiger Qualitätsmerkmale lassen sich Qualitätskenngrößen (Qualitätskennzahlen, Güteparameter) ableiten oder ermitteln.

In der Technik häufig gebrauchte Qualitätskenngrößen betreffen die Zuverlässigkeit, die Zweckbestimmung, die Umweltbeeinflussung, die Standardisierung und die Formgestaltung. In der sowjetischen Literatur werden bei Beachtung abweichender Begriffsdefinitionen weitere gesonderte Kenngrößen, wie z. B. zur Ökonomie, zur Ergonomie und zur Instandhaltbarkeit, gebraucht [2].

Wird davon ausgegangen, daß die Qualität eines technischen Erzeugnisses im wesentlichen in der Entwicklungs- und Fertigungsphase begründet wird und diese anschließend in der Nutzungsphase durch die Instandhaltung zu erhalten bzw. zu reproduzieren ist, kann für die Bewertung der Instandsetzungsqualität eine Einschränkung auf die in dieser Phase des Reproduktionsprozesses beeinflussbaren Qualitätskenngrößen erfolgen. Für die Grundinstandsetzung von Baugruppen betrifft dies vornehmlich Qualitätskenngrößen der Zweckbestimmung (Leistungs-, Produktivitäts- und Kostenkenngrößen), der Zuverlässigkeit (z. B. zur Langlebigkeit, Verfügbarkeit) und mit zunehmender Bedeutung der Ökologie und der Ergonomie.

Eine direkte Anwendung derartiger Qualitätskenngrößen fabrikneuer Baugruppen in ihrer absoluten Größe zur Beurteilung der Qualität

instand gesetzter Erzeugnisse ist nicht immer statthaft, da objektive Unterschiede zwischen der Baugruppenneufertigung und der -instandsetzung zwangsläufig zu in gewissen Grenzen voneinander abweichender Qualität der verglichenen Baugruppen führen. Zielstellung von Untersuchungen an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg ist es, Zusammenhänge zwischen der Instandsetzungsprozeßgestaltung und der Ausprägung ausgewählter Qualitätsmerkmale grundinstand gesetzter Dieselmotoren als Voraussetzung für eine weitere Objektivierung der Prozeßgestaltung und für die Festlegung ökonomischer Grenzbereiche der Instandsetzung zu ermitteln.

2. Bewertung der Ausprägung ausgewählter Qualitätsmerkmale

Aus Analysen und Voruntersuchungen ergaben sich für die Forschungsaufgabe Arbeitsschwerpunkte der Gestaltung von Tolerierungsverhältnissen, Gleitpaarungen, hochbeanspruchten Schraubverbindungen sowie von Zylinderkopfdichtverbindungen für den Grundinstandsetzungsprozeß von Dieselmotoren [3].

In Analogie zur Fertigung wurden auf der Basis von Qualitätszielen (erfaßt durch Qualitätskenngrößen) für die Motoreninstandsetzung Qualitätsmerkmale für grundinstand gesetzte Dieselmotoren und aus diesen solche für die Instandsetzungsdurchführung abgeleitet (Tafel 1). Durch Variation der Instandsetzungsprozeßgestaltung war die sich daraus ergebende Ausprägung der Qualitätsmerkmale zu ermitteln.

Das Bild 1 zeigt Möglichkeiten zur Qualitätsbewertung instand gesetzter Dieselmotoren. Für Variantenvergleiche im Rahmen der angeführten Forschung blieben Wege zur Qualitätsbewertung unberücksichtigt, die auf der Erprobung im Nutzungsprozeß beruhen, da ein großer zeitlicher Versatz zwischen Ak-

tion und Reaktion besteht, mit überlagerten Einflüssen (bei großer Streuung) aus dem Nutzungsprozeß (z. B. aus dem Niveau des Einsatzes und der Instandhaltung) zu rechnen ist und der sich schnell vollziehende Wissensumschlag in der Technikentwicklung nur unzureichend berücksichtigt werden kann.

Aufbauend auf der Instandsetzungsprozeßanalyse sowie dem internationalen Erkenntnisstand zur Motorenentwicklung und -fertigung erfolgte deshalb in der ersten Phase der Untersuchungen die Ermittlung des Ausprägungsgrades von Qualitätsmerkmalen mit Hilfe von verkürzten/forcierten Prüfstanduntersuchungen. Im Ergebnis dessen lassen sich weitgehend objektiviertere sowie quantifizierte Trendaussagen zum zu erwartenden Ausprägungsgrad von Qualitätsmerkmalen ableiten. Sie bilden die Grundlage für die Beschreibung anzustrebender Qualitätsmerkmalsbereiche und Gestaltungsvarianten des Instandsetzungsprozesses bei prozeßbegleitender/prozeßnaher Qualitätskontrolle in der Instandsetzung. Die Überprüfung der Ausprägung dieser Merkmalsbereiche für empfohlene Gestaltungsvarianten erfolgt endgültig in einer zweiten Phase auf der Grundlage von Kenngrößen der Zweckbestimmung (Zustandseinschätzung auf der Grundlage von Diagnoseparametern) und der Zuverlässigkeit (mathematisch-statistische Auswertung des Ausfallverhaltens) an in der landwirtschaftlichen Praxis genutzten Motoren.

3. Ergebnisse

Einen Untersuchungsschwerpunkt bildete die Zylinder-Kolben-Zylinderkopf-Gruppe, wozu nachfolgend ausgewählte Ergebnisse vorgestellt werden.

3.1. Zusammenhang zwischen mechanischer Bearbeitung, Werkstoffzustand der Funktionsstelle (z. B. Kolbenlaufbahn) sowie Verschleißverhalten

Tafel 1. Untersuchte Qualitätsmerkmale und Qualitätskenngrößen für den Grundinstandsetzungsprozeß von Dieselmotoren

Qualitätsmerkmale der Instandsetzungsdurchführung	Qualitätsmerkmale grundinstand gesetzter Dieselmotoren	Qualitätskenngrößen grundinstand gesetzter Dieselmotoren
Makromaße Form- und Lageabweichungen Passungen Senkrechtrößen Profiltraganteil Profiltraganteilkurve Oberflächenstruktur – Bearbeitungsrichtung – Riefenbreite – Quetschungen (Blechmantelbildung) Werkstoffkennwerte – Festigkeit – Härte – Federwert – Elastizitätsmodul Feinheit von Schmierölfiltren Gewindegeometrie Montagemoment	Reibkraft/-arbeit Schmierölverbrauch Kraftstoffverbrauch Verschleißgrößen Abriebpartikelkonzentration Partikelemission (Ruß) Schadstoffemission Spaltmaß Bewegungsverhalten Schwingungsverhalten Dichtwirkung Setzverhalten Temperaturen Drehzahlen	Motorleistung und -drehmoment mechanische Verlustleistung spezifischer Schmieröl- und Kraftstoffverbrauch Diagnosekenngrößen – Durchblasevolumenstrom – Kompressionsdruck – Raumdichte Zuverlässigkeitskenngrößen Zeitgrößen Kosten

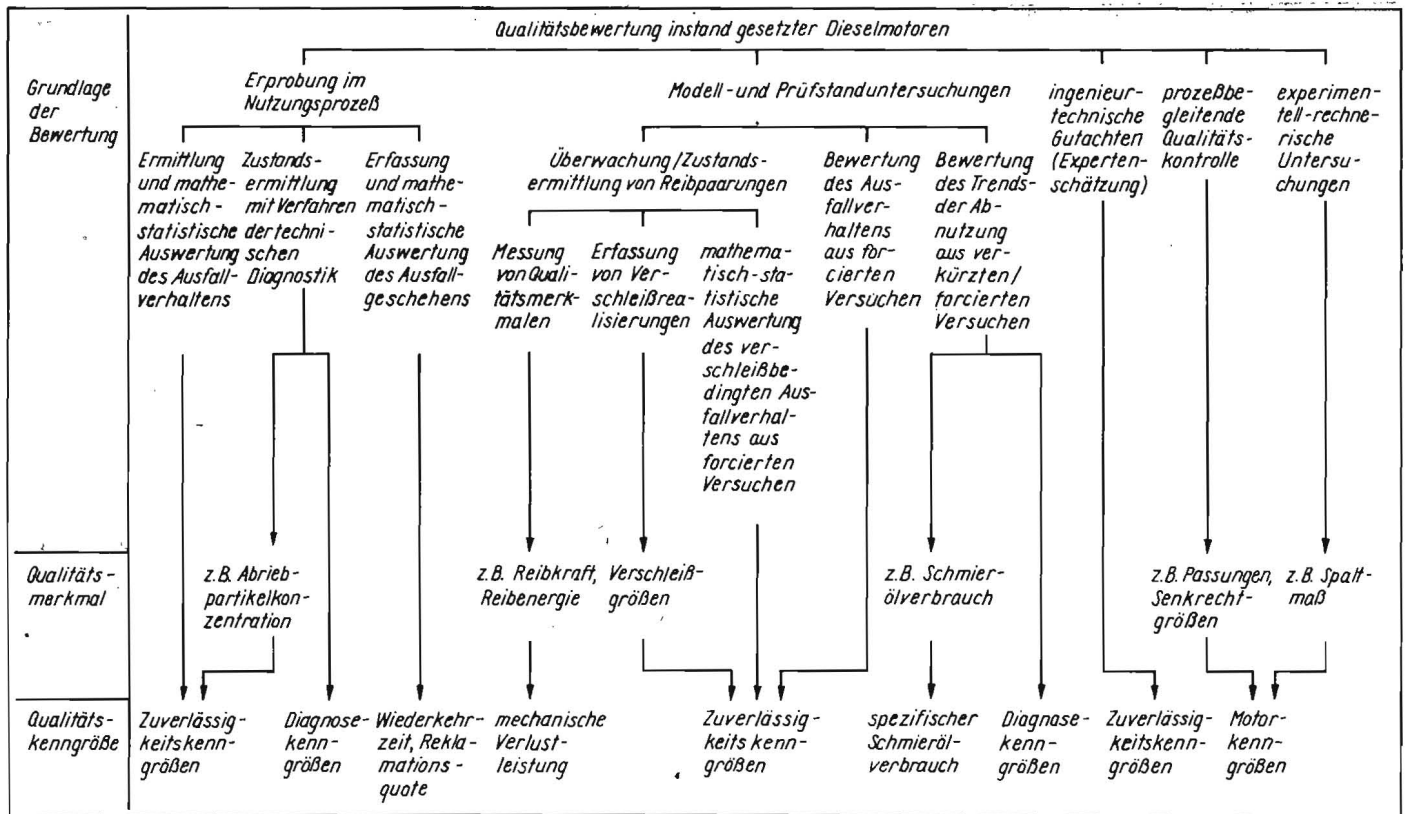


Bild 1. Möglichkeiten zur Qualitätsbewertung instand gesetzter Dieselmotoren

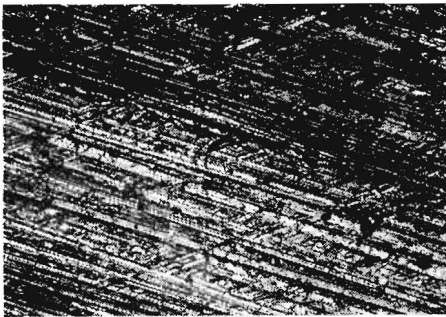


Bild 2. Gehonte Oberfläche einer Kolbenlaufbahn (Kalloplastabdruck 100:1)

Bild 3. Graphitverquetschungen einer konventionell gehonten Kolbenlaufbahn (Querschleiff 200:1, ungeätzt)



Die mechanische Bearbeitung hat einen wesentlichen Einfluß auf das Schädigungsverhalten instand gesetzter Kolbenlaufbahnen. So ergeben sich in Abhängigkeit von Arbeitskennwerten und der Werkzeugart (einschließlich der Steuerung des Werkzeugs) veränderte Eigenschaften in der Werkstoffrandzone. Im Bild 2 ist die Topographie einer gehonten Kolbenlaufbahn mit schwachen Honriefen und überwiegend Feinbohrriefen dargestellt. Das für optimale Reibungsbedingungen, Gasdichtheit und Ölhaushalt notwendige Profil und der aus der Verfahrenskinetik abzuleitende Honwinkel von 50 bis 80° sind nicht erkennbar.

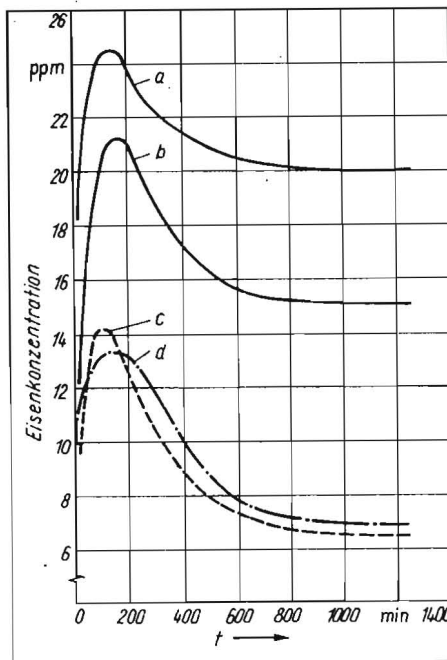


Bild 4. Eisenkonzentration im Schmieröl MD 302 Prüfstanduntersuchungen am Motor 4VD 14,5/12, effektive Motorleistung 92 kW, Filterfeinheit 25 µm); a konventionell gehont (Filterfeinheit 63 µm), b konventionell gehont, c plateau gehont, d konventionell gehont und messingreibbeschichtet

Im Rahmen der Fertigungskontrolle gilt es also, neben den Rauheitsgrößen solche Qualitätsmerkmale zu beachten, die die Topographie insgesamt beeinflussen. So ist z. B. der Traganteil in gleicher Schnitttiefe bei plateau gehonten Kolbenlaufbahnen wesentlich größer als bei konventionell gehonten. Bessere Gasdichtheit und geringerer Ölverbrauch

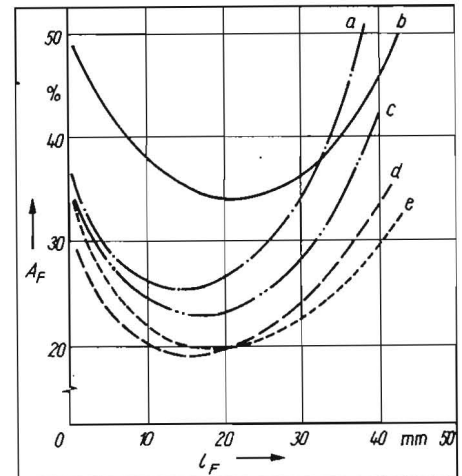


Bild 5. Flächenabdeckung durch Verschleißpartikel auf dem Ferrogrammträger nach 8 min Prüfstandlauf (Filterfeinheit 25 µm); a konventionell gehont, b konventionell gehont (Filterfeinheit 63 µm), c plateau gehont, d mechanisch messingreibbeschichtet, e chemisch-mechanisch messingreibbeschichtet

sind die Folge. Dazu treten neben Verfestigungen bis zu einer Tiefe von 40 µm um rd. 15 bis 20% gegenüber der Grundhärte bei Abweichungen von den Normwerten der o. g. Parameter z. B. „Blechmantelbildungen“ auf (Bild 3). Diese relativ lose haftenden Partikel werden bereits nach wenigen Kolbenhuben abgearbeitet und gelangen so in den Schmierölkreislauf. Das führt offensichtlich zur Erhöhung des Anteils der Eisenkonzentration und damit zur Verschlechterung der Einlaufbedingungen insgesamt. Nachfolgend werden konventionell gehonte (repräsentieren derzeitiges Niveau der Honqualitäten in den VEB Landtechnisches Instandsetzungs-

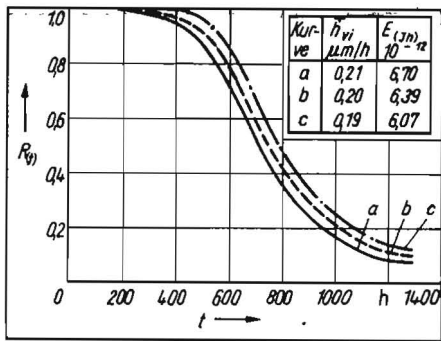


Bild 6. Überlebenswahrscheinlichkeit für Zylinderlaufbuchsen (berechnet auf der Basis der mittleren Verschleißgeschwindigkeit und der mittleren Verschleißintensität aus Prüfstanduntersuchungen); a konventionell gehont, b konventionell gehont und messingreibbeschichtet, c plateau gehont

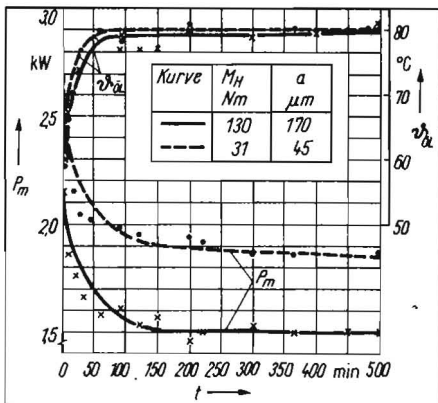


Bild 8. Durch Fügen verursachte Deformation des Gewindeprofils einer Stiftschraube M 14 x 1,5 (Pfeil: plastische Verformung durch Mutterkörper)

Bild 9. Abhängigkeit der mechanischen Verlustleistung für Hauptlager des Motors 2 VD vom Montageanzugsmoment M_H , der Hauptlagerschrauben (Drehzahl 1500 min^{-1} , Schmieröl MD 302)

Tafel 3. Vorspannkraftstreuung in der Dichtfuge der Zylinderkopfdichtverbindung des Motors 4VD (Montageanzugsmoment 160 Nm)

Paarung Zylinder- block	Zylinder- kopf	Oberflächen- rauheit der Zylinder- köpfe (Dichtfläche)	Vorspann- kraft in der Dichtfuge	
			R_a μm	max. min. % %
NET	NET	2,45	100	74
WET	NET	2,45	91	59
WET	WET	3,18	93	45
WET	IET	3,29	94	47

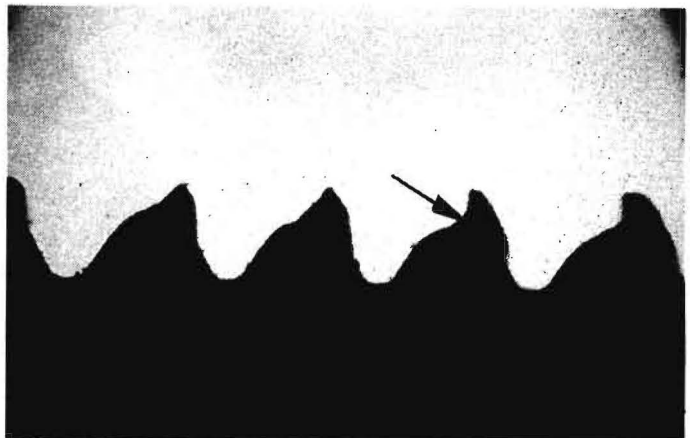
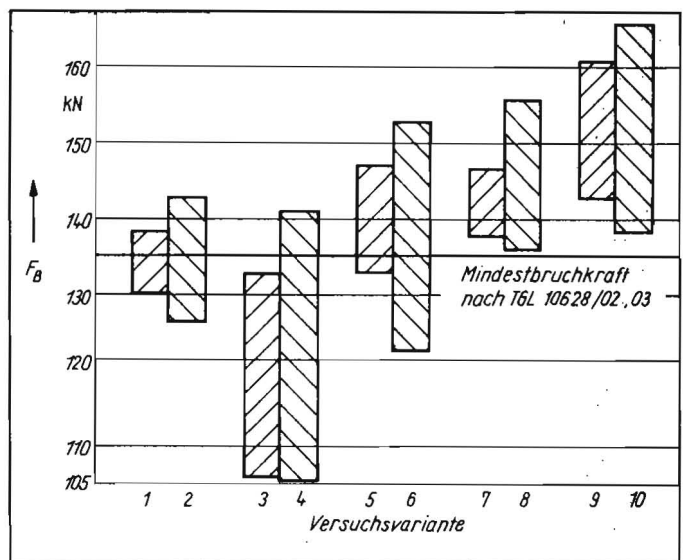
NET Neuteil, WET Wiederverwendungseinzelteil, IET instand gesetztes Einzelteil

Tafel 2. Streubereiche der Bruchkraft der Stiftschraubenverbindung M14 x 1,5 (Erläuterung zu Bild 7)

	Versuchsvariante									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Schraube										
Schädigungszustand	NET	WET/IET	NET	WET/IET	NET	WET/NET	NET	WET/IET	NET	WET/IET
Festigkeitsklasse	10.9									
Mutter										
Schädigungszustand	NET	NET	WET	WET	WET	WET	NET	NET	WET	WET
Festigkeitsklasse	8	8	8	8	10	10	8	8	8	8
Mutterhöhe in mm	10	10	10	10	10	10	13	13	16	16
Anzahl geprüfter Verbindungen	8	16	8	16	8	16	8	16	8	16
Schädigungsart in %										
Abstreifer	100	94	100	100	100	100	38	19	0	6
Bruch	0	6	0	0	0	0	62	81	100	94

NET Neuteil, WET Wiederverwendungseinzelteil, IET instand gesetztes Einzelteil

Bild 7. Streubereiche der Bruchkraft der Stiftschraubenverbindung M 14 x 1,5, (Erläuterung s. Tafel 2)



werk), mechanisch oder chemisch-mechanisch messingreibbeschichtete und plateau gehonte Kolbenlaufbahnen verglichen. Zur Bewertung des Verschleißverhaltens wurden die Eindruckmethode sowie ölanalytische Verfahren (Spektroskopie und Ferrographie) genutzt. Unterschiede im Verschleiß in Abhängigkeit von der Oberflächenqualität zeigen die Bilder 4 und 5. Die hohe Eisenkonzentration (Bild 4) und der hohe Anteil größerer Abriebpartikel (Bild 5, $l_f = 0 \text{ mm}$) zu Beginn der Einlaufzeit erfordern Konsequenzen für das Prüf- und Einlaufregime. Zusammen mit dem ausgeprägten Einfluß der Filterfeinheit (Bilder 4 und 5) auf Abriebpartikelkonzentration und -größe entsteht die Forderung nach Feinstfilterung des

Schmieröls in der Einlaufphase, mindestens aber während des Prüfstandlaufs. Zu erwartende verschleißbedingte Nutzungsdauerunterschiede für die untersuchten Kolbenlaufbahnvarianten sind aus Bild 6 abzuleiten. Die Berechnungen zur Überlebenswahrscheinlichkeit gehen von einer linearen Verschleißgeschwindigkeit für den Nutzungsdauerabschnitt nach Abschluß der Einlaufphase aus.

3.2. Zusammenhang zwischen Schädigungszustand von Verbindungselementen, Mikro- und Makrogestalt zu fügender Einzelteile sowie der Funktionssicherheit gefügter Paarungen

Die Qualität einer instand gesetzten Schraubenverbindung ist ganz allgemein nach zwei Gesichtspunkten zu bewerten:

- Sicherheit gegen Versagen bei konstruktionsgerechter Nutzung
- Einfluß der gefügten Schraubenverbindung auf Parameter der Fügeverbindung (z. B. durch verschleißbeeinflussende Formabweichungen).

Der Einfluß des Schädigungszustandes von Schraube und Mutter in unterschiedlicher Kombination auf die Bruchkraft der Verbindung (als Ausfallkriterium) am Beispiel der Stiftschraubenverbindung M 14 x 1,5 zur Befestigung des Zylinderkopfes (Motor 4VD) ist im Bild 7 und in Tafel 2 dargestellt.

Deutlich wird, daß durch den Einsatz von Wiederverwendungseinzelteilen und instand gesetzten Einzelteilen der Streubereich der Bruchkraft bei dominierendem Einfluß der Mutter zunimmt. Es bestätigt sich, daß mit wiederverwendeten Muttern der Festigkeitsklasse 8 keine funktionssichere Fügeverbindung zu erzielen ist, während solche mit vergrößerter Mutterhöhe (13 mm bzw. 16 mm) die geforderte Sicherheit gegen Versagen deutlich gewährleisten. Daneben ist für die Instandsetzung die Schadensart „Abstreifer“ von besonderer Bedeutung. Diese „Abstreifer“ dokumentieren auch in anderer Form nachgewiesene Veränderungen in der Gewindegeometrie (Bild 8). Beim Erreichen eines Grenzzustandes der Gewindeprofildeformationen (liegt wesentlich vor dem „Abstreifen“) kommt es zur Aufhebung der Paarungsfähigkeit von Mutter und Schraube (Fressen in der Gewindeverbindung), was gleichbedeutend mit der Begrenzung der erzeugbaren

Vorspannkraft in der Fügeverbindung ist. Zusammen mit abweichenden Gesamtreibungszahlen (Gewinde- und Kopfreibung) untersuchter Elemente von Schraubenverbindungen (NET, WET, IET), mit Arbeitsunauigkeiten der Schraubwerkzeuge sowie mit Formabweichungen der zu fügenden Einzelteile führt dies beim in der landtechnischen Instandsetzung genutzten drehmomentgesteuerten Anziehverfahren zu großen Vorspannkraftstreuungen in der Fügeverbindung. Dagegen steht die Forderung (z. B. bei Gleitpaarungen) nach einem eng begrenzten Vorspannkraftbereich, der nach unten, z. B. durch die zu erreichende Mindestpressung bzw. zur Vermeidung von Schraubendauerbrüchen, und nach oben, zur Vermeidung von Schraubenüberbeanspruchungen oder zur Einengung von Formabweichungen in der gefügten Verbindung, begrenzt ist. Beispiele für die Wirkungsrichtung der angegebenen Einflußfaktoren zeigen Bild 9 und Tafel 3.

Sie veranschaulichen die Bedeutung der Mikro- und Makrogestalt der Einzelteile für die Funktionssicherheit ausgewählter Paarungen und fordern die weitere Vertiefung prozeßbegleitender Qualitätskontrollen. Gleichzeitig werden Grenzen drehmomentgesteuerter Anziehverfahren sichtbar, wengleich durch eine regelmäßige Prüfung und Regulierung der Schraubwerkzeuge, die Festlegung des Montageanzugsmoments auf der Grundlage der Gesamtreibungszahl für die jeweilige Gewindeverbindung sowie durch das Einhalten des vorgegebenen Anzugsregimes Möglichkeiten für eine Verkleinerung des Streubereichs der Vorspann-

kräfte beim derzeitigen Mechanisierungsniveau von Schraubprozessen bestehen.

4. Zusammenfassung

Zur möglichst eindeutigen Beschreibung der Qualität eines instand gesetzten Dieselmotors sind dessen qualitätswirksame Eigenschaften durch meßbare Merkmale zu erfassen. Dazu werden im vorliegenden Beitrag Qualitätsmerkmale für die Instandsetzung von Dieselmotoren vorgestellt und Qualitätskenngrößen abgeleitet. An Beispielen wird der qualitative und quantitative Zusammenhang zwischen der Instandsetzungsprozeßgestaltung und der Ausprägung von Qualitätsmerkmalen dargestellt. Es wird deutlich, daß zukünftige Strategien zur Qualitätsarbeit bei der Grundinstandsetzung von Dieselmotoren stärker auf prozeßbegleitende und prozeßnahe Qualitätskontrollen aufbauen müssen. Das erfordert, neben moderner Fertigungstechnik auch entsprechende Meßtechnik in den Prozeß der Motoreninstandsetzung einzuführen.

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Qualitätssicherung und Standardisierung. Berlin: VEB Verlag Die Wirtschaft 1987.
- [2] Popov, V. P.: Kačestvo produkcii i ego pokazateli (Die Qualität der Erzeugnisse und ihre Kennzahlen). Mehanizacija i elektrifikacija sel'skogo chozajstva, Moskva 57(1987)6, S. 21-23.
- [3] Stegemann, G., u. a.: Wechselwirkung Grundinstandsetzungsprozeß von Dieselmotoren und deren Zuverlässigkeitsverhalten. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht A1 1987. A 5722

Spanende Bearbeitung aufgetragener Werkstoffschichten

Dozent Dr. sc. techn. G. Hübner, KDT/Dr.-Ing. U. Darge, KDT/Dipl.-Ing. Petra Unterseher, KDT
Dozent Dr.-Ing. M. Jirka, Landwirtschaftliche Hochschule Prag (ČSSR)

Verwendete Formelzeichen

a	mm	Schnitttiefe
A	mm ²	Spanungsquerschnitt
b _L	mm	Spanleitstufenbreite
P _A	kW	Antriebsleistung
Q	cm ³ /min	Spanvolumen
r _E	mm	Eckenradius
s	mm/U	Vorschub
T	min	Standzeit
v	m/min	Schnittgeschwindigkeit
VB	mm	Verschleißmarkenbreite
α	°	Freiwinkel
γ	°	Spanwinkel
ε	°	Eckenwinkel
κ	°	Einstellwinkel
λ	°	Neigungswinkel

Einleitung

Aus der Sicht der Material- und Energieökonomie gewinnt die Instandsetzung von Einzelteilen als sekundärer Fertigungsprozeß zur bedarfsgerechten Versorgung mit Ersatzteilen eine immer größere Bedeutung.

Die Entwicklungsrichtung der Einzelteilinstandsetzung ist deshalb zunehmend auf den Einsatz effektiver Fertigungsverfahren und -technologien gerichtet, um einerseits ein immer breiteres Sortiment in die Instandsetzung einzubeziehen und andererseits eine hohe Qualität instand gesetzter Einzelteile zu sichern [1].

An der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Wissenschaftsbereich Fertigungstechnik,

und an der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag, Lehrstuhl Material und Technologie, werden seit Jahren in Kooperation die spezifischen Probleme der Instandsetzung wissenschaftlich untersucht. Einen Schwerpunkt dabei bildet die Verfahrensforschung zur Entwicklung und Anwendung progressiver Fertigungsverfahren und Bearbeitungsmöglichkeiten bei der Instandsetzung von Einzelteilen.

Die Verfahrensfolge Auftragschweißen – spanende Bearbeitung ist eine notwendige und auch wirtschaftliche Instandsetzungslösung besonders für solche Einzelteile, die mit anderen Fertigungsverfahren (z. B. Umformverfahren) nicht effektiv instand gesetzt werden können.

Die wissenschaftliche Untersuchung der spanenden Bearbeitung von aufgetragenen harten bzw. verschleißfesten Oberflächenschichten mit geometrisch bestimmter Schneide (besonders durch das Drehen) ist deshalb für die weitere Intensivierung der Einzelteilinstandsetzung besonders bedeutsam. Hinzu kommt noch, daß aus der Sicht der Schneidstoffentwicklung eine Substitution des Schleifens durch das Drehen möglich wird, Prozeßstufen reduziert werden und somit Instandsetzungslösungen eine wesentlich breitere Anwendung finden können.

Die vorliegenden und weiter zu erwartenden Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen stellen eine Erweiterung bzw. eine Ergänzung des Zentralen Schnittwertspeichers der DDR dar. Eine unmittelbare Einordnung in den bestehenden Schnittwertspeicher ist nicht nahtlos möglich, da u. a. folgende Bedingungen bei der Spanung aufgetragener Schichten nicht erfüllt sind:

- homogener Werkstoff
- klassische Zugfestigkeitsprüfung
- Werkstoff gleicher Zusammensetzung
- Variation der Schnitttiefe.

Da bei der Aufbringung des Zusatzwerkstoffs schweißtechnische Auftragverfahren dominieren, konzentrieren sich die Spanbarkeitsuntersuchungen in der ersten Etappe auf schweißtechnisch aufgetragene Schichten.

Eine Untersuchung der Einflüsse einzelner Schweißparameter auf die Spanbarkeit erfolgt in der ersten Untersuchungsetappe nicht. Die in der Instandsetzungspraxis üblichen Schweißparameter wurden angewendet.

Spezifik aufgeschweißter Schichten

Die Spezifik aufgeschweißter Schichten wird durch Einflußgrößen charakterisiert, die wesentlich vielfältiger sind als bei der Spanung herkömmlicher Werkstoffe (Tafel 1).