

Anwendung der Umformtechnik zur Instandsetzung von Ventilen – ein Beitrag zur Materialökonomie

Ing. H. Kulwatz, KDT, VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal
Betrieb des VEB WTZ Spezialisierte Landtechnische Instandsetzung Neuenhagen

Im Spitzenbeitrag des Heftes 1 erläuterte Obering. H. Böldicke, Stellvertreter des Vorsitzenden unseres Fachverbondes Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik der KDT, welche spezifischen Aufgaben zur Erhöhung der Materialökonomie in unserem Fachgebiet zu lösen sind. Wir wollen einen aktiven Beitrag leisten zur Erfüllung der Beschlüsse des 13. Plenums des ZK der SED und des Präsidiums unserer Ingenieurorganisation zur Materialökonomie. Jede Initiative dazu ist willkommen. In der landtechnischen Instandsetzung erhält die Aufarbeitung von Einzelteilen eine immer größere Bedeutung für die Materialökonomie. Trotz der schon praktizierten umfangreichen Aufbereitungsverfahren gibt es noch bedeutende Reserven, die durch eine intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit erschließbar sind. Daß dabei neue Wege beschritten werden können, beweist die neu eingeführte Aufarbeitung von Ventilen. Dieses Verfahren wird im folgenden Beitrag beschrieben, der Ansporn für weitere Ideen zur Einsparung von wertvollen Werkstoffen sein sollte.

Die Redaktion

1. Notwendigkeit eines neuen Aufbereitungsverfahrens von Ventilen

In der landtechnischen Instandsetzung müssen die Ventile der Dieselmotoren am Ventilsitzwinkel generell nachgeschliffen werden. Das Nachschleifen ist aber nur bis zu einem bestimmten Aussonderungsgrenzmaß (Höhe des zylindrischen Bundes) zulässig. Ventile, die das Aussonderungsgrenzmaß überschritten, wurden bisher verschrottet und durch neue ersetzt (Bild 1).

In einer Schadensanalyse an ausgesonderten Ein- und Auslaßventilen des Motors 4 VD 14,5 wurde der Schädigungszustand der Ventile ermittelt. Dabei ergab sich, daß bei Einlaßventilen 63,4 Prozent und bei Auslaßventilen 67,4 Prozent der ausgesonderten Ventile aufgearbeitet werden können.

Bisher wurden von verschiedenen Stellen umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, um die Ventile durch Auftragsschweißen am Ventilsitzwinkel instand zu setzen (Bild 2). Das Verfahren hat aber den Nachteil, daß es sehr arbeitskräfte- und materialaufwendig ist. Es erfordert hochqualifizierte Arbeitskräfte und hochlegierten Zusatzwerkstoff, so daß die Aufarbeitung nur in Ausnahmefällen erfolgt. Daher sollte ein Verfahren entwickelt werden, das einen möglichst geringen Arbeitskräfte- und Materialaufwand erfordert.

2. Nachstauchen als neues Verfahren zur Aufarbeitung

2.1. Verfahrensprinzip des Umformens

Das Nachstauchen erfolgte erstmalig durch das Einpressen einer Stahlkugel in den erwärmten Ventilkegel. Zylindrischer Bund und Ventilsitzwinkel eines verschlissenen Ventils besitzen danach Nennmaß und Aufmaß für die mechanische Bearbeitung. Bild 3 zeigt ein umgeformtes Ventil. Das Nachstauchen der Ventile wird auf einer Reibradspindelpresse

durchgeführt. Das Ventil wird in dem Bereich von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ der Ventilkegelhöhe über dem Ventilhoden auf Umformtemperatur erwärmt. Die Erwärmung kann mit der Gasflamme oder induktiv erfolgen.

Im Bild 4 ist das Umformprinzip dargestellt. Das erwärmte Ventil wird in die Matrize eingelegt, die in ihren Abmessungen im Bereich des Ventilsitzwinkels und des zylindrischen Bundes den Maßen eines neuen Ventils mit Aufmaß für die spanende Bearbeitung entspricht. Der Stempel besitzt an der Arbeitsfläche einen zentrisch angeordneten runden (Kegel) Ansatz, dessen Durchmesser und Form entsprechend der Ventilart und -größe gewählt wird. Der Stempel wird auf das in der Matrize befindliche erwärmte Ventil geschlagen, so daß der runde Stempelansatz zentrisch voll in den Ventilhoden eindringt und den Werkstoff in Richtung des zylindrischen Bundes und des Ventilsitzwinkels preßt.

2.2. Bisherige Untersuchungen zur Entwicklung des Verfahrens

Nach dem erläuterten ersten Versuch wurde eine Versuchsserie von je 100 Ein- und Auslaßventilen des Motors 4 VD 14,5 und eine Nullserie von 1000 Ventilen des gleichen Motors instand gesetzt. Alle drei Versuche erfolgten beim Ventilhersteller, der Ventilkegelfabrik Apolda.

Die Ventile der Versuchsserie wurden mit den noch zu erläuternden Arbeitsgängen bearbeitet und in Versuchsmotoren eingebaut. Die Ventile der Nullserie wurden ebenfalls in Motoren eingebaut, diese aber nur auf ihre Ausfallursache hin unter Kontrolle genommen. Das Ventil ist einer der am höchsten beanspruchten Teile des Motors. Mit der Bearbeitung dieses Themas gingen wir ein großes Risiko ein, da die Gefahr bestand, daß es durch die Umformung zu Ventilrisen kommen könnte.

Bild 1. Verschlissenes Ventil

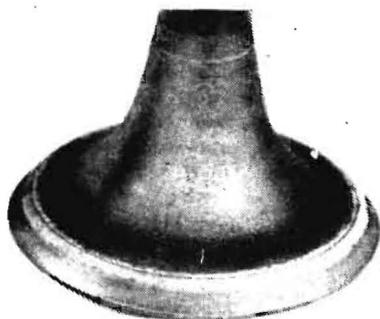


Bild 2. Auftragsgeschweißtes Ventil

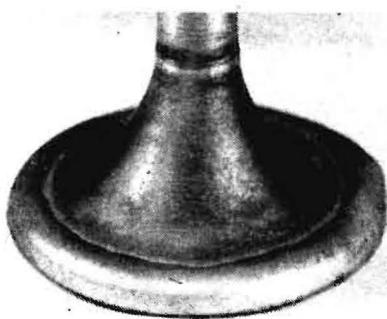


Bild 3. Umgeformtes Ventil



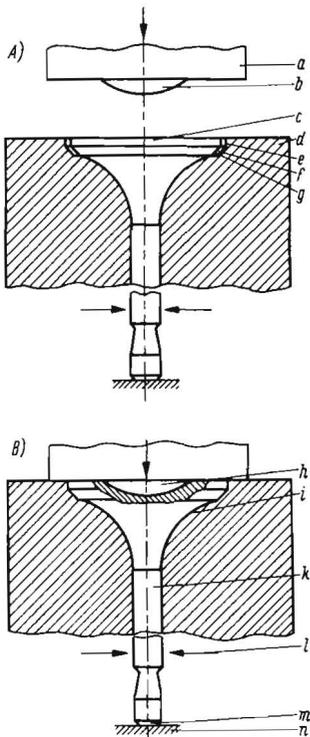
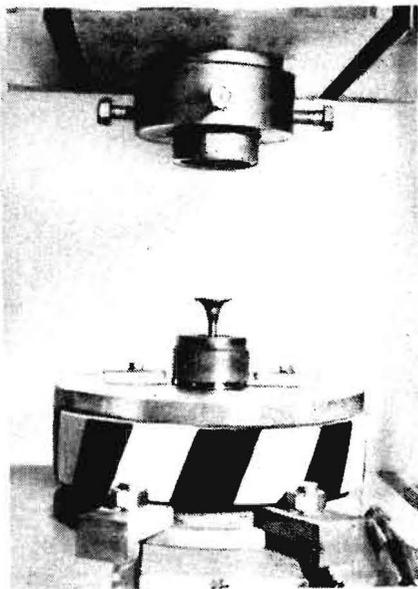


Bild 4. Umformprinzip: A) vor dem Umformen, B) nach erfolgter Umformung; a Stempel; b Stempelansatz; c Ventilboden; d Matrice; e zylindrischer Bund; f Hohlraum; g Ventilsitzwinkel; h Eindruck; i Ventiltellerrücken; k Schaft; l Aufnahme; m Schaftende; n Anschlag



Bild 5. Erwärmwerkzeuge

Bild 6. Umformwerkzeuge auf der Presse, das in der Matrice sichtbare Ventil wurde bereits umgeformt



Um die Festigkeit der nachgestauchten Ventile zu untersuchen, wurde im Institut für Umformtechnik in Zwickau ein Zerreißversuch durchgeführt. Die Untersuchung an insgesamt 18 Ventilen ergab, daß die gestauchten Ventile gegenüber neuen um 4,5 Prozent höhere Zugfestigkeit (bis zum Bruch) aufwiesen. Die Erklärung der höheren Zugfestigkeit liegt in der Kaltverfestigung durch das Nachstauchen und der Schaftglättung während des Laufs im Motor. Die durch Nachstauchen instand gesetzten Ventile wurden metallographisch untersucht. Dabei wurden keine nennenswerten Unterschiede zu neuen Ventilen festgestellt, so daß durch das Nachstauchen keine funktionsbeeinträchtigenden Änderungen im Gefüge zu erwarten sind.

Bisher wurden Ein- und Auslaßventile der Motortypen 4 VD 14,5 (im ZT 300, E 512 und W 50) und D 50 52 (Traktor MTS-50) nachgestaucht eingebaut und teilweise erprobt. Es kann aber schon gesagt werden, daß im Prinzip alle Ventile, bei denen genügend verformbares Material im Ventilboden vorhanden ist und die normalen Verschleiß (keinen Abbrand) aufweisen, für das Nachstauchen geeignet sind.

2.3. Technologie der Instandsetzung durch Nachstauchen

Die Arbeitsgänge der gesamten Instandsetzung durch Nachstauchen sind folgende:

— Schadensaufnahme

Sie ist erforderlich, um nicht aufarbeitungswürdige Ventile sofort auszusondern und um die Ventile getrennt nach Typen und Ein- und Auslaßventilen in Losen zusammenzustellen.

— Anfasen und Planschleifen der Schaftstirnfläche

Beseitigung von Grat und Unebenheiten, die durch den Kipphebel hervorgerufen wurden. Danach besteht die Möglichkeit, den Schaft leicht in die Matrizenbohrung zu stecken.

— Umformen

Vorerst werden die Ventile mit dem Brausekopf-Anwärmehöfner (Bild 5) erwärmt. Es ist vorgesehen, die Erwärmung in Zukunft mit einer Mittelfrequenz-Induktionsanlage durchzuführen. Die induktive Erwärmung geht schneller, ist genauer und bringt auch Verbesserungen der Arbeitsbedingungen der Kollegen. Bild 6 zeigt die Umformwerkzeuge auf der Reibradspindelpresse. Nach dem Umformen werden die Auslaßventile, es handelt sich hier um austenitischen Stahl, in Wasser abgekühlt. Die Einlaßventile, die aus 45 Cr Si34 gefertigt werden, sind in Asche abzukühlen und bei Bedarf anzulassen. Es muß jedoch gesagt werden, daß man mit dem Verfahren die Ventile nur einmal umformen kann, doch durch das Originalmaß am zylindrischen Bund können die Ventile ebenso wie neue mehrfach nachgeschliffen werden.

— Richten

Das Bild 7 zeigt das Richten des Ventilkopfes (Bereich zwischen Kegel und Schaft), um den Verzug des Kopfes durch Erwärmung und Umformung zu beseitigen.

— Schaftpolieren, um eine einwandfreie Spannfläche für die nachfolgenden Arbeitsgänge zu erhalten.

— Drehen

Das Drehen des zylindrischen Bundes auf Fertigmaß und des Ventilsitzwinkels bis auf Schleifaufmaß sowie das Planen und das Anfasen des Ventilbodens erfolgt auf der automatischen Nachdrehmaschine DN 340 × 300 (Bild 8). Die Steuerung der Nachdrehmaschine erfolgt pneumatisch über ein Kugelschrittschaltwerk. Die Supporte werden hydraulisch angetrieben, so daß der Kollege nur das Ein- und Ausspannen sowie den Programmstart zu bedienen hat. Das bedeutet eine erhebliche Zeiteinsparung sowie die Möglichkeit einer 2-Maschinenbedienung.

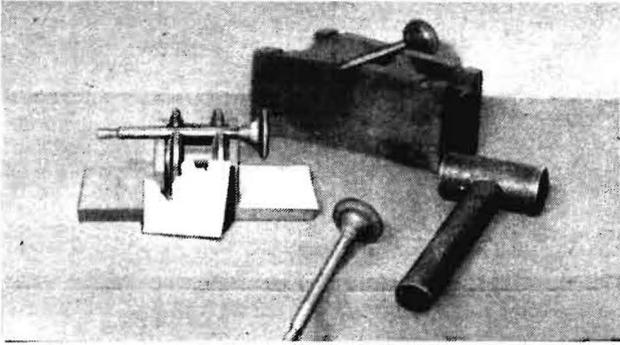


Bild 7. Richten

- Endkontrolle der Maße und des Schlages am Ventilschaft.
- Konservierung und Verpackung für einen ordnungsgemäßen Transport.
- Schleifen

Bild 9 zeigt das Schleifen des Ventilsitzwinkels. Die Einspannung des Ventils erfolgt mit Spannzange und Führungsprisma, wie beim Hersteller der Ventile. Damit wird die erforderliche Qualität erreicht.
- Risseprüfung, um eventuell vorhandene Risse festzustellen und eine sofortige Aussonderung vorzunehmen.

2.4. Anwendung des Verfahrens

Nach erfolgreicher Erprobung der Versuchsserie der Ventile des Motors 4 VD 14,5 wurde gemeinsam mit der VVB LTI die Entscheidung getroffen, daß eine Instandsetzungseinheit für Ventile kurzfristig aufzubauen ist.

Am 4. Oktober 1974, anläßlich des 25. Jahrestages der DDR, konnte die Inbetriebnahme der ersten Ausbaustufe erfolgen. Unter Verwendung von gebrauchten Maschinen gelang es, im LIW Demmin eine voll funktionsfähige Anlage in Betrieb zu nehmen. Die gute Zusammenarbeit und gegenseitige Unterstützung zwischen Entwicklungsbetrieb und Nutzer, dem LIW Demmin, ermöglichte eine kurzfristige Überleitung des technologischen Verfahrens.

Im Jahr 1975 erfolgt die Sortimentserweiterung mit den Ventilen der Motoren MTS-52 und KVD 8.

2.5. Ökonomischer Nutzen

Bei Ein- und Auslaßventilen des Motors 4 VD 14,5 ergibt sich folgender ökonomischer Nutzen je Jahr:

— Aufarbeitungspreis je Ventil im Durchschnitt	4,00 M
— Neupreis Einlaßventil	8,10 M
Auslaßventil	14,66 M
— Instandsetzungsstückzahl Einlaßventil	15 000 je Jahr
Auslaßventil	20 000 je Jahr (vorläufig geschätzt)
— Nutzen je Ventil (Neupreis — Aufarbeitungspreis)	
Einlaßventil	8,10 M — 4,00 M = 4,10 M
Auslaßventil	14,66 M — 4,00 M = 10,66 M
— Gesamtnutzen (Nutzen je Ventil × Instandsetzungsstückzahl bei Vernachlässigung von Schrottpreis und Nutzungsdauer)	
Einlaßventil	4,10 M × 15 000 = 61 500.— M/Jahr
Auslaßventil	10,66 M × 20 000 = 213 200.— M/Jahr
	<u>274 700.— M/Jahr</u>

Es entsteht ein Nutzen von rund 275 000 M/Jahr für Ein- und Auslaßventile des Motors 4 VD 14,5. Für die weiteren Ventiltypen wird eingeschätzt, daß ungefähr eine Stückzahl von 15 000 anfallen wird. Unter Berücksichtigung des geringen Preises der anderen Ventiltypen wird ein gesamter ökonomischer Nutzen der Ventilinstandsetzung von 300 000 M je Jahr erreicht.

3. Zusammenfassung

Die Umformung als Instandsetzungsverfahren ist natürlich nicht bei jedem Einzelteil anwendbar. Man sollte aber bei der Untersuchung der Aufarbeitungsmöglichkeit von Einzelteilen die Umformung mit berücksichtigen, da diese hochproduktiv und kostengünstig ist.

Zum Abschluß werden die nach unserer Erfahrung geltenden Kriterien für den Einsatz der Umformung in der Einzelteilinstandsetzung genannt.

Diese sind:

- Große Stückzahlen von gleichen verschlissenen Einzelteilen.
- Die Einzelteile müssen aus umformbarem Werkstoff bestehen.
- Es müssen Werkstoffreserven in der Nähe der verschlissenen Stelle vorhanden sein.
- Das Einzelteil muß eine umformgerechte Konstruktion aufweisen.

Das beschriebene Verfahren zur Instandsetzung der Ventile ermöglicht gegenüber anderen Verfahren eine Einsparung an Arbeitskräften und Material und ist somit ein Beitrag zur Materialökonomie.

A 9795

Bild 8. Drehen

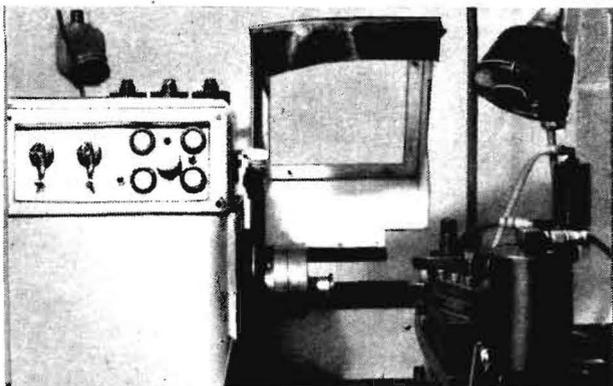


Bild 9. Schleifen

