

Bleifreie Lagerschalen im Motorenbau – eine Herausforderung für die Reinigungstechniken

Seit 2000 ist die Umsetzung der EU-Richtlinie 2000/53/EG mit Anhang II für bleifreie Lagerschalen und Buchsen ausgesetzt. Ab Ende 2010 soll die Einhaltung dieser Richtlinie nun endgültig auch für diese Bauteile gelten. Dagegen erfordern aktuelle Marktentwicklungen wie Direkteinspritz- und Turbolader-Technologien bei der Motorenentwicklung immer höhere mechanische Belastbarkeiten. Durch den Verlust des bleihaltigen Bronze-Werkstoffes müssen die erforderlichen Notlaufeigenschaften der Lagerschalen durch andere, neue Beschichtungstechnologien ersetzt werden. Aber auch eine weitere positive Eigenschaft der bislang verwendeten Bronze-Werkstoffe, kleinere aber harte Schmutzpartikel einbetten zu können, geht mit dem Werkstoffwechsel weitestgehend verloren. Hieraus resultiert eine große Herausforderung an die Reinigungstechniken, insbesondere für alle Gussteile wie Kurbelgehäuse, Zylinderköpfe, Ansaugkrümmer und Filtergehäuse. Die schädigenden Schmutzpartikel müssen deutlich minimiert werden!

Die Restschmutzanforderungen der deutschen Automobilindustrie sind deshalb deutlich gestiegen. Es zeichnet sich ab, dass

maximale Korngröße von 0,6 mm und ein gesamter Restschmutzgehalt von weniger als 10 mg für z.B. einen Zylinderkopf als neuer Standard gilt. Für die Ölkanäle werden sogar 0,1 mm als max. Partikelgröße diskutiert. **Fig. 1** u. **Fig. 2** zeigen den quantitativen Unterschied zwischen der bislang durchschnittlich zugelassenen Restschmutzmenge von 200 mg zu jetzt 10 mg.



Fig. 1: Bislang durchschnittlich zugelassener Restschmutzgehalt von 200 mg



Fig. 2: Neue Restschmutzforderung: max. 10 mg

Um hierzu eine technische Lösung zu finden, ist es erforderlich, die Aufgabenstellung analytisch zu betrachten. Dies bedeutet, den Verschmutzungszustand des fertig bearbeiteten Motorengussteils mit all seiner Komplexität zu definieren.

Zu unterscheiden sind mehrere, gleichzeitig vorliegende Verschmutzungsarten bei einem solchen Gussteil:

Reinhold Thewes, GF
KLEIN Stoßwellentechnik GmbH,
Niederfischbach

LEITMESSE / TOP TRADE FAIR

parts2clean®

Reinigung in Produktion
und Instandhaltung
*Cleaning within the Production
Process and Maintenance*
Messe Stuttgart, Germany
20. – 22. Oktober 2009
www.parts2clean.com

Halle 1, Stand A 131

1. In jedem Gussteil sind mehr oder weniger fest anhaftende Formrückstände wie Sandkörner, Schlichtereste oder gar komplette Kernreste vorhanden.

2. Während der mechanischen Bearbeitung des Gussteils entstehen Späne, die zwangsläufig auch in die Hohlräume des Gussteils fallen und sich dort verklemmen können.

3. An Kanten können bei der mechanischen Bearbeitung Metallpartikel in Form von Flitter und Graten entstehen, die mechanisch mehr oder weniger fest anhaften. Es sind insbesondere Bohrungen und Gewindegänge betroffen.

4. Durch die Verwendung von Kühlschmiermitteln bei der mechanischen Bearbeitung entstehen für kleinste lose Metallpartikel wie Flitter Adhäsionskräfte auf der gesamten Oberfläche des Gussteils.

Die Auflistung macht deutlich, dass mehr als nur ein intensiver Waschprozess am Ende der Fertigungskette notwendig ist, um alle Restschmutzpartikel von allen Verschmutzungsarten zu entfernen. Um die neuen Anforderungen der Automobilindustrie reproduzierbar zu erfüllen, sind geeignete Verfahren mit einer Gesamtsystembetrachtung zu integrieren.

Bis heute galt für Gussteile häufig der Grundsatz, dass der Prozess, der den Schmutz verursacht hat, diesen auch vor Weitergabe an den nächsten Prozess entfernen soll. Bei den neuen Restschmutzanforderungen kann dies wirtschaftlich nicht umgesetzt werden – nicht zuletzt ist die endgültige Restschmutzmenge die Addition aller Mengen der Einzelprozesse. Sinnvoll erscheint nunmehr die Forderung, das Gussteil so sauber in die Prozesskette weiter zu reichen, dass verbliebener Restschmutz die nachfolgenden Bearbeitungsprozesse nicht stört oder negativ beeinflusst. Das absolut saubere Gussteil wird in der Regel erst kurz vor dem Fertigteilzustand z.B. vor einer eventuellen Beschichtung erforderlich. Die Erfüllung der neuen Sauberkeitsanforderungen obliegt somit bei wirtschaftlicher Betrachtung wesentlich der Endreinigung. Hier liegen die bereits

analysierten Verschmutzungsarten vor, für die ein Reinigungssystem nach folgenden Grundsätzen zu realisieren ist:

Grundsatz # 1 : Die Badpflege

Die als zwingend vorgegebene Reproduzierbarkeit eines jeden Reinigungsergebnisses erfordert bei allen Reinigungsverfahren in flüssigem Medium, einen deutlichen Schwerpunkt auf die jeweilige Badpflege zu legen! Es muss gelten, die eingebrachte Schmutzfracht umgehend aus dem Reinigungsbad wieder zu separieren und gleichzeitig die chemische Wirkung der Reinigungslösung konstant zu halten – nur so können stabile und optimale Ergebnisse garantiert werden. Mit Nutzung moderner Verfahren und Überwachungen wird dies technisch möglich, aber auch aufwändiger als heute noch üblich. Höhere Investitionskosten werden allerdings durch geringeren Verbrauch der Reinigerkomponenten amortisiert. Für derart minimale Restschmutzungen dürfen keine Schmutzfrachten mehr im Kreislauf gefahren werden. Nachfolgende zu reinigende Gussteile müssen möglichst gleiche Bedingungen vorfinden wie das zuerst behandelte Gussteil.

Grundsatz # 2 : Zuerst Öl und Fett entfernen

Von allen Verschmutzungsarten ist der Öl- und Fettfilm am Gussteil in dreierlei Hinsicht mit erster Priorität zu entfernen. Zum ersten sollte das Gussteil direkt nach der mechanischen Bearbeitung von Bohr- und Schneidemulsionen befreit werden. Solange das Gussteil noch nass ist, lässt sich die Emulsion besser abwaschen als wenn es bereits getrocknet ist und der Wasseranteil verdunstet. Dann verbleibt tatsächlich ein Öl- und Fettfilm auf der Gussteiloberfläche. Zum zweiten ist bei der Badpflege die Ölseparierung besonders aufwändig und sollte deshalb möglichst nur am Entfettungsbad erforderlich sein. Der Aufwand begründet sich insbesondere, wenn Bohr- und Schneidemulsionen, die auch bei entsprechend

ausgelegten Reinigern nicht vollständig und nur langsam demulgieren, zu entfernen sind. Abhängig von Reiniger- und Ölbeschaffenheit sind in der Regel Mikro-/Ultrafiltrationen oder Koaleszenzabscheider zur Badpflege unumgänglich. Ein sich bereits deutlich ausbildender Ölfilm, wie er für alle Skimmertechniken erforderlich ist, verhindert auf einem Entfettungsbad leider zwangsläufig das beste Reinigungsergebnis für das Bauteil. Zum dritten können kleinste Flitterpartikel, die über Adhäsionskräfte des Öls am Bauteil haften, durch die Reinigungsmechanik nicht vollständig entfernt werden. Selbst höchste Drücke schieben die Partikel nur teilweise im Ölfilm vor sich her.

Grundsatz # 3 : Abstimmung zwischen Kühlschmiermittel, Reinigerchemie und Ölabtrennung

Kühlschmiermittel sind ebenso wie Reiniger zur Entfettung hochkomplexe chemische Zusammensetzungen, die von ihren Herstellern für die jeweilige Aufgabenstellung optimiert ausgelegt werden. Welcher Reiniger mit welchem Kühlschmiermittel wie reagiert, kann nur von den chemischen Experten in Zusammenarbeit beurteilt werden. Zusätzlich sind entsprechende Vorversuche in der Regel unumgänglich. Auch für die Auslegung der Membrantechnik zur Ölabtrennung oder Koaleszenzabscheidung sind Detailkenntnisse über die chemischen Zusammensetzungen mit dem daraus resultierenden Reinigungsablauf und über das Verhalten der feinen Öltröpfchen in der Reinigerflüssigkeit erforderlich. Eine optimierte Ölseparierungstechnik kann den Tensidverbrauch deutlich senken.

Grundsatz # 4 : Vermeidung von Schmutzfrachtverschleppungen

Speziell bei der Entfettung haben Tauchverfahren den Vorteil der effizienten Reaktionszeitnutzung bei optimaler Aufheizung der Gussteiloberflächen. Für ein gutes Umspülen der Gussteile mit Reinigerflüssigkeit muss ergänzend ein Flutverfahren angewendet

werden. Dies ist insbesondere bei Gussteilen mit komplexen Hohlräumen erforderlich. Auch bei der Entfettung ist schon eine wirksame Reinigungsmechanik zur Unterstützung der chemischen Mechanismen erforderlich. Zur Vermeidung von Schmutzfrachtverschleppungen darf das Tauchverfahren, bei dem das zu entfettende Gussteil quasi in der eigenen Schmutzfracht liegt, nicht alleine angewendet werden. Es bietet sich an, vor der Weitergabe an den nächsten Reinigungsschritt das Gussteil intensiv mit der in der Badpflege aufbereiteten Reinigerflüssigkeit aus- und abzuspritzen.

Grundsatz # 5 : Effiziente Verfahrenswahl für die Entfernung von fest anhaftenden Fremdpartikeln und die Austragung von Spänen

Für das Lösen von fest anhaftenden Fremdpartikeln wie Sand- und Schlichteresten an Gussteilen ist ein hoher Grad an Reinigungsmechanik erforderlich. Solange die betroffenen Flächen am Gussteil gut zugänglich sind, reichen die konventionellen Strahl-, Spritz- und Hochdruckverfahren sowie teilweise auch Ultraschallverfahren aus, um die Reinigungsaufgabe zu erfüllen. Im Fall von komplexen und schwer zugänglichen Kavitäten im Gussteil wird die zu reinigende Stelle allerdings nicht mehr mit ausreichender Energie versorgt. Die Leistung des Hochdruckwasserstrahls verpufft nach der ersten Umlenkung im Gussteil. Die Leistung von Ultraschallerregern reicht ebenfalls nicht aus, um den erforderlichen Kavitationseffekt zur Abreinigung in den Hohlräumen zu erzeugen. Trockene Reinigungsverfahren wie Hämmern oder Rütteln können hartnäckige Anbackungen nicht ablösen und lassen sehr feste Sandknollen oft nur im Gussteil hin und her schwingen. Thermische Verfahren können nur organische Verbindungen lösen.

Dagegen nutzt das Stoßwellenverfahren CERABITE® gleichzeitig zwei auftretende physikalische Effekte bei der Erzeugung durch Kondensatorunterwasserentladung:

Die durch das schlagartige Auftreten des Plasmakanals im Wasser entstehende Stoßwelle liegt im Energiegehalt um mehrere Zehnerpotenzen höher als die durch Kavitation erzeugte Stoßwelle bei dem Ultraschallverfahren. **Fig. 3** zeigt einen typischen Druckverlauf bei der Stoßwellenerzeugung:

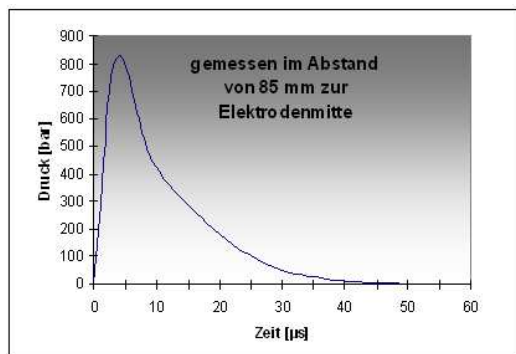


Fig. 3: Typischer Druck-Zeit-Verlauf einer Stoßwelle

Auch die Grundfrequenz liegt mit ca. 85 kHz deutlich über der normalen Ultraschallfrequenz von Reinigungsanlagen. Die Stoßwelle reflektiert aufgrund sehr unterschiedlicher Impedanzen zwischen Wasser und Metall des Gussteils an deren Oberfläche und zerstört dabei spröde Materialien wie Schlichte, Keramik oder Sandkerne bzw. bestehende Brückenbildungen dieser Fremdkörper zum Metall. Diese Reflexion erfolgt selbstverständlich auch für die ins Bauteil eingeleitete Stoßenergie an den Innenwänden. Ein vollständiges Lösen von Fremdkörpern auch im Innern des Gussteils ist damit garantiert. Besonders erwähnenswert ist das nachgewiesene Zerkleinern und Ablösen von anorganischen Kernresten in engen Stellen des Gussteils. Derartige Restverschmutzungen würden heute selbst bei den festgelegten Verfahren zur Restschmutzanalyse nach ISO-DIS 16232 nicht auffallen, können sich aber im späteren Motorenbetrieb lösen!

Der zweite physikalische Effekt wird hervorgerufen durch die um den Plasmakanal auftretende Wasserdampfblase, die das umliegende Wasser auf mehrere Hundert Meter pro Sekunde beschleunigt. Hierdurch entstehen in der Stoßkammer so starke Strömungen, dass diese beim Durchfluten des Gussteils nicht nur vorher zerstörte oder gelöste Fremdkörper

mitreißen, sondern auch Klemmspäne brechen können. **Fig. 4** zeigt Klemmspäne, mit denen ein Gussteil präpariert wurde, vor und nach der Stoßwellenbehandlung:

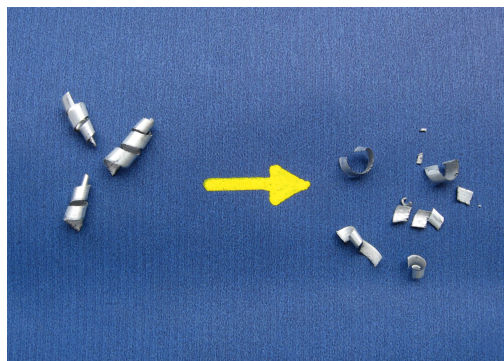


Fig. 4: Im Bauteil gebrochene Klemmspäne bei der Stoßwellenbehandlung

Zur effizienten Nutzung der Stoßwellenenergie werden zwei Zylinderköpfe oder Kurbelgehäuse gleichzeitig gereinigt. Hierbei ist ausreichend, wenn z.B. die Zylinderköpfe mit der Verbrennungsraumseite, also den wesentlichen Öffnungen zu den Hohlräumen, zur stoßwellenerzeugenden Elektrode zeigen. Eine exakte 3D-Positionierung wie zum Beispiel beim Hochdruckwasserstrahlen oder gar das Einfahren von Werkzeugen ins Bauteil ist nicht erforderlich. Die Positionierung beider Gussteile erfolgt gemeinsam mit nur einer Achse! Dies ermöglicht nicht zuletzt einen sehr geringen Umrüstaufwand bei Typenwechsel – lediglich die Gussteilaufnahme muss gewechselt werden.



Fig. 5: Hauptkomponenten einer Stoßwellenbehandlungsanlage

Die in **Fig. 5** dargestellte typische Stoßwellenanlage CERABITE® zur Reinigung von Zylinderköpfen oder Kurbelgehäusen erzielt aufgrund der sehr kurzen Prozesszeit eine Durchsatzleistung von bis zu 140 Teilen pro Stunde bei einem Energieverbrauch von nur ca. 7 kWh inkl. der Nebenaggregate. Das Verfahren ist damit das energiesparsamste von allen zur Zeit am Markt angebotenen Reinigungsverfahren für diese Aufgabenstellung. Der Wasserverbrauch beschränkt sich auf das von den Gussteilen verschleppte Wasser. Eine integrierte Wasseraufbereitung zur Separierung der Schmutzpartikel und der Nebeneffekt, dass Mikroorganismen die Stoßwellenbehandlung nicht überleben können, erübrigt jegliche Notwendigkeit von Wasseraustausch.

Wenn die Gussteile die Stoßkammer verlassen haben, müssen sie nur noch intensiv durchspült werden, um die im Prozesswasser verbliebenen losen Partikel auszutragen. Bisherige Versuche für diese neuen Anforderungen zeigen, dass bei Einhaltung der hier genannten Grundsätze auch Restschmutzmengen von wenigen mg pro Gussteil erreicht werden können. Die tatsächliche Erzielung der max. Partikelgröße ist hierbei die größere Schwierigkeit, denn auch in 3 mg Restschmutz können noch sehr wenige Sandkörner oder Spänchen mit Korngrößen von mehr als 0,6 mm enthalten sein. Ein intensiveres Nachspülen wird die Restschmutzmenge entsprechend noch weiter reduzieren.

Zusammenfassung:

Mit der konsequenten Einhaltung bekannter Grundsätze und der Anwendung eines effizienten Verfahrens zur Entfernung von fest anhaftenden Schmutz- oder Metallpartikeln können die bislang erreichten Restschmutzmengen in Gussteilen drastisch auf das vom Markt neu geforderte Minimum reduziert werden. Die physikalisch auftretenden Effekte beim Stoßwellenverfahren CERABITE® lösen hierbei besonders effizient alle Aufgabenstellungen von fest anhaftenden Schmutz- und Metallpartikeln. Zudem realisiert das Verfahren hohe Energie- und Wassereinsparungen bei hohen Durch-

satzleistungen von bis zu 140 Zylinderköpfen bzw. Kurbelgehäusen pro Stunde.

Reinhold Thewes, GF
KLEIN Stoßwellentechnik GmbH,
Niederfischbach

LEITMESSE / TOP TRADE FAIR

parts2clean®

Reinigung in Produktion
und Instandhaltung
*Cleaning within the Production
Process and Maintenance*
Messe Stuttgart, Germany
20. – 22. Oktober 2009
www.parts2clean.com

Halle 1, Stand A 131



KLEIN Stoßwellentechnik GmbH
Konrad-Adenauer-Str. 200
57572 Niederfischbach
Tel.: 0 27 34 / 43 37 – 0
Fax: 0 27 34 / 43 37 – 11
email: klein-stoesswellentechnik@t-online.de
www.stoesswellentechnik.de