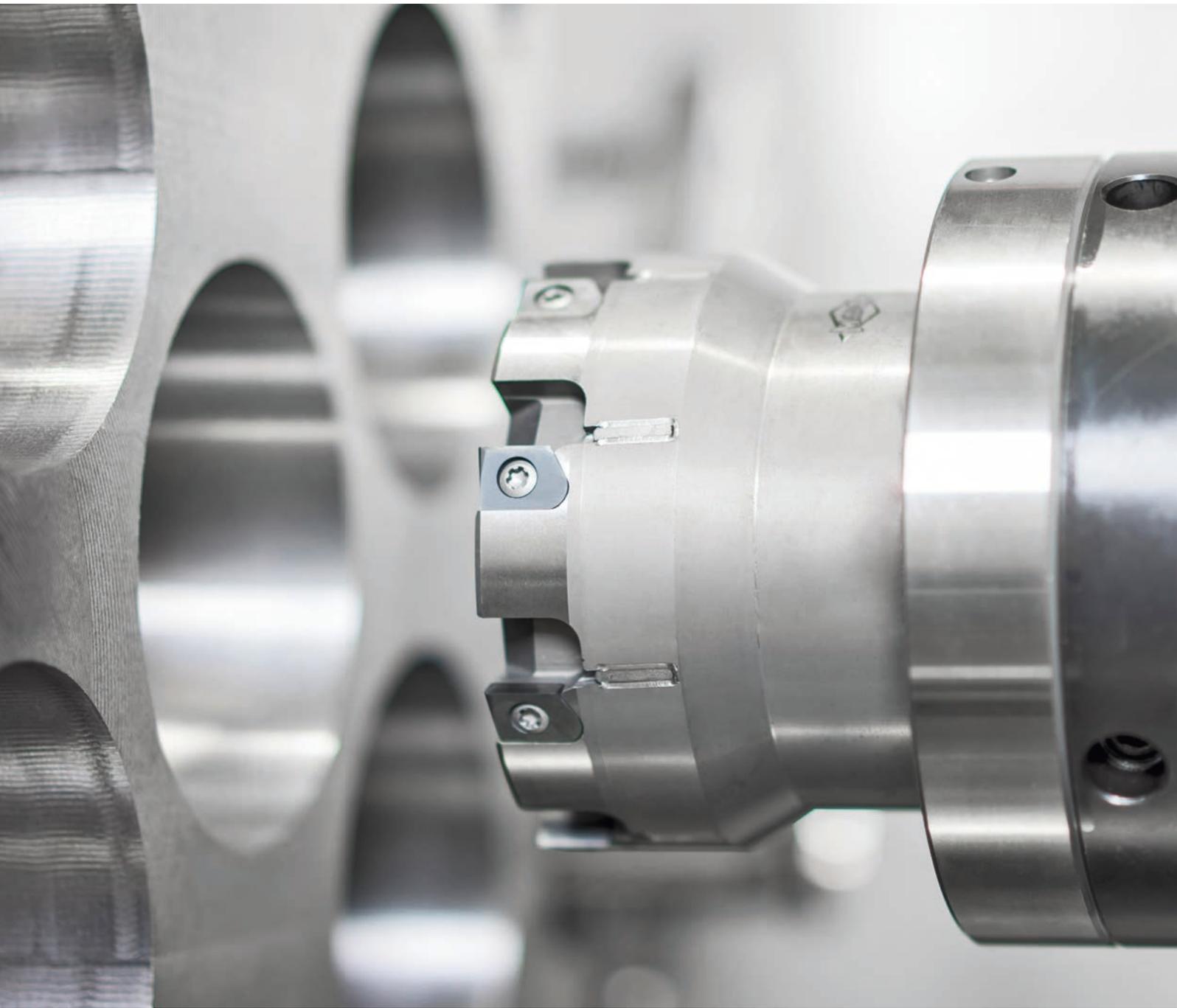




TECHNOLOGIE REPORT

07 | Feinbearbeitung von Funktionsflächen in Graugusswerkstoffen



Motivation

Motivation

Grauguss ist nach wie vor ein sehr gefragter Werkstoff, da die Herstellkosten niedrig sind und seine Eigenschaften gezielt über Legierungselemente eingestellt werden können. Dadurch ist es möglich für spezifische Einsatzzwecke optimale Eigenschaftskombinationen zu erzielen. Die ausgezeichneten tribologischen Gleit- bzw. Notlaufeigenschaften sind weitere werkstoffbedingte Besonderheiten von Gusseisen. Diese resultieren aus freigelegten Grafiteinlagerungen im Gusseisenwerkstoff und bleiben selbst bei einem Grafitaustrag während der Nutzungsphase erhalten, da entstehende Hohlräume als Festschmierstoffreservoirs fungieren. Eisengusswerk-

stoffe können in weiße und graue Gusseisen eingeteilt werden, vergleiche Abbildung 1. Weiterhin sind Stahlguss- und Sondergusslegierungen dieser Werkstoffgruppe zugehörig. Aufgrund der zuvor genannten sowie der guten mechanischen Eigenschaften, wie einer hohen Festig- und Steifigkeit als auch einem ausgezeichneten Dämpfungsvermögen werden graue Gusseisenwerkstoffe derzeit unter anderem in höher beanspruchten Dieselmotoren (Heavy Duty, LKW Motoren) eingesetzt. Hierbei stehen Gusseisen mit Lamellengrafit (GJL), Gusseisen mit Vermiculargrafit (GJV) und Gusseisen mit Kugelgrafit (GJS) im Wettbewerb zueinander.



Abbildung 1: Einteilung von Eisengusswerkstoffen, nach [1]

Index

INDEX

Motivation	2
Eigenschaften von grauen Gusseisenwerkstoffen	3
Zerspanbarkeit grauer Gusseisen – Einfluss spezifischer Werkstoffeigenschaften	4
Schneidstoffe und Werkzeugkonzepte zur spanenden Bearbeitung von Funktionsflächen	5
Werkzeugkonzepte zur Herstellung von Funktionsflächen	6
Schneidstoffe für die Zerspanung von Graugusswerkstoffen	7
Bearbeitungsbeispiel: Feinbearbeitung von Zylinderlaufflächen	8
Bearbeitungsbeispiel: Bremsattelbearbeitung mit einer Mehrschneidenreibahle	9
Zusammenfassung	11
Literaturverzeichnis	11
Impressum	11

Motivation

Bei Betrachtung der jährlichen Eisengussproduktion entfällt ein Anteil von 57 % auf graue Gusseisen [3]. Aufgrund der guten Gieß Eigenschaften von grauem Gusseisen können Bauteile bereits nahe ihrer Endkontur hergestellt werden. Dennoch ist bei der Fertigung von Funktionsflächen eine spanende Nacharbeit erforderlich, damit charakteristische Eigenschaften wie bspw. Gleiten, Führen, Dichten sowie Haften gewährleistet sind. Die Anforderungen an funktionale Bauteilflächen sowie die

Bauteilqualität sind im Allgemeinen stetig steigend. Zur prozesssicheren Einhaltung der geforderten makro- und mikrogeometrischen Eigenschaften werden zunehmend Fein- und Feinstbearbeitungsverfahren eingesetzt und es bedarf der Entwicklung spezieller, auf die entsprechende Bearbeitungsaufgabe angepasster, Werkzeug- und Schneidstofflösungen. Daher behandelt der vorliegende Technologiereport die Feinbearbeitung von Funktionsflächen an Graugussbauteilen.

Eigenschaften von grauen Gusseisenwerkstoffen

Dieser Technologiereport betrachtet eine Auswahl an grauen Gusseisen, welche mit ihren mechanischen und fertigungstechnischen Kennwerten in Abbildung 2 dargestellt sind. Die Bezeichnung „graues Gusseisen“ leitet sich aus der grau erscheinenden Bruchfläche ab und entsteht aufgrund einer Einfärbung der Fläche durch den eingelagerten Grafit. Grafit und Perlit entstehen wiederum durch das Ausscheiden des Kohlenstoffs. Graue Gusseisen werden insbesondere anhand der Form der Grafitausbildung (lamellenförmig, wurmförmig, kugelförmig) unterschieden. Ein weiteres Gefügemerkmal ist das stahlartig zusammengesetzte Grundgefüge aus Ferrit und Perlit. Erst durch das Zulegieren von Silizium stellt sich schließlich das charakteristische Graugussgefüge

ein. Graues Gusseisen verfügt über hervorragende Gieß Eigenschaften sowie über ein gutes Formfüllungsvermögen, sodass komplexe Konturen und dünne Wandstärken realisierbar sind [4].

Die Hauptlegierungselemente der Eisengusswerkstoffe sind Eisen (Fe), Silizium (Si) von 0,8 % bis 3 % sowie Kohlenstoff (C) von 2,5 % bis 5 % [5]. Zusätze von Chrom, Molybdän und Vanadium sind Karbidbildner, welche zu einer höheren Festigkeit und Härte, aber zu schlechterer Zerspanbarkeit führen. Insbesondere der Kohlenstoffgehalt ist entscheidend für die spätere Gefügestruktur der Eisengusslegierung.

Eigenschaften von grauen Gusseisenwerkstoffen

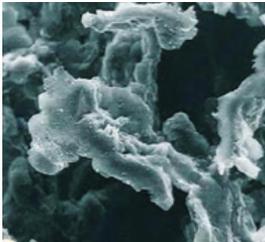
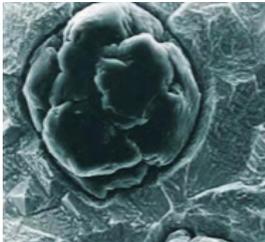
Graue Gusseisenwerkstoffe (C-Gehalt 2,5 – 5 %)			
	Lamellengrafitguss (GJL)	Vermiculargrafitguss (GJV)	Kugelgrafitguss (GJS)
Gefüge			
Dichte in g/cm ³	7,2	7,2	7,2
Zugfestigkeit in MPa	250 bis 400	300 bis 500	400 bis 800
E-Modul in GPa	100 bis 135	130 bis 160	160 bis 185
Bruchzähigkeit in N/mm ^{3/2}	320 bis 560	295	150 bis 310
Bruchdehnung in %	0,3 bis 0,8	1 bis 5	2 bis 22
Gießbarkeit	sehr gut	gut	gut
Einsatz	PKW-, Nutzfahrzeug-Motoren	Großmotoren	Nutzfahrzeug-, Großmotoren

Abbildung 2: Grafitstrukturen grauer Gusseisen sowie deren mechanische und fertigungstechnische Kennwerte, nach [6]

Zerspanbarkeit grauer Gusseisen – Einfluss spezifischer Werkstoffeigenschaften

Zerspanbarkeit grauer Gusseisen – Einfluss spezifischer Werkstoffeigenschaften

Die prozesssichere spanende Bearbeitung von Bauteilen aus grauem Gusseisen erfordert die Beachtung einiger Besonderheiten bei der Auslegung von Zerspanungsprozessen, auf welche nachfolgend eingegangen wird. In diversen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass sich die Alterung positiv auf die Zerspanbarkeit von Gusseisen auswirkt. Durch die Alterung sinken die Schnittkräfte sowie der Werkzeugverschleiß, und die Oberflächenqualität als auch die Formgenauigkeit steigen [7]. Untersuchungen von RICHARDS konnten einen statistisch abgesicherten Einfluss von Alterungseffekten auf die Zerspanbarkeit von Kupplungs- und Bremsschei-

ben aus GJL nachweisen. Abbildung 3 a) verdeutlicht die signifikante Verbesserung der Spanbarkeit nach einer natürlichen Alterung bei Raumtemperatur bis zu 1000 Stunden. Nach einer Auslagerungszeit von 30 Tagen bilden sich 2 - 4 μm große Nitridausscheidungen, welche eine Festigkeitssteigerung von bis zu 13 % bewirken. Mikrohärtemessungen ergaben einen Härteanstieg in den ferritischen Höfen um die Grafitkugeln von 190 HV auf 260 HV in 30 Tagen. Die mit ansteigender Werkstofffestigkeit zunehmende Materialversprödung sorgt für kürzeren Spanbruch, welcher sich positiv auf den Werkzeugverschleiß auswirkt [4].

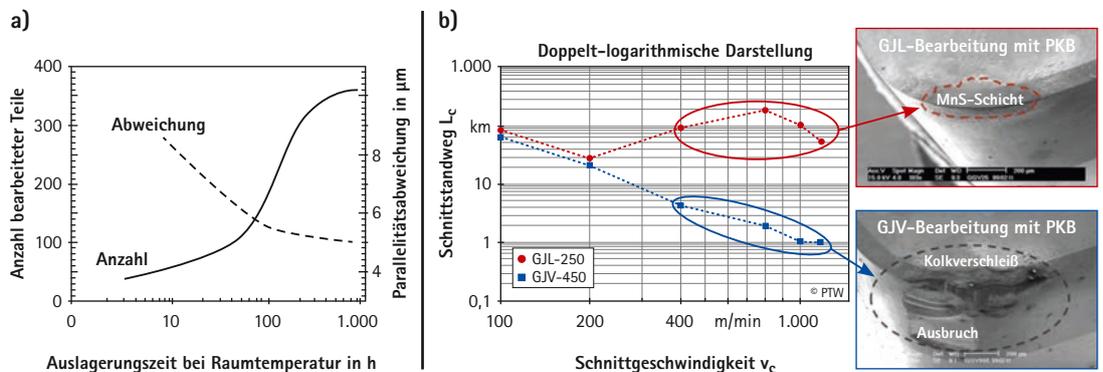


Abbildung 3: a) Auswirkung der Alterungserscheinung auf die Zerspanbarkeit, nach [4];

b) Werkzeugstandweg in Abhängigkeit der Schnittgeschwindigkeit bei der Feinbearbeitung von GJL und GJV mit PcBN, nach [1]

Neben den Alterungseffekten konnte zudem ein positiver Einfluss einer sich ausbildenden Mangansulfidschicht auf den Werkzeugverschleiß nachgewiesen werden. Ein Vergleich der drei in Abbildung 2 dargestellten Graugusswerkstoffe zeigt, dass die Wirtschaftlichkeit bei der Feinbearbeitung von GJV und GJS deutlich unter der von GJL liegt. Der Unterschied ist auf eine bessere Zerspanbarkeit aufgrund der Bildung einer verschleißminimierenden Mangansulfidschicht an der eingreifenden Werkzeugschneide zurückzuführen. Diese ermöglicht bei der Feinbearbeitung von lamellaren Gusseisenwerkstoffen (GJL) hohe Werkzeugstandwege unter Verwendung

von polykristallinem kubischen Bornitrid (PcBN) oder Schneidkeramiken [8, 9]. Ein Ausbleiben der Verschleißschutzschicht kann bei der Bohrungsfeinbearbeitung von GJV, bedingt durch die Werkstoffzusammensetzung, zu geringen Standwegen führen, vergleiche hierzu Abbildung 3 (b). Des Weiteren nimmt die Materialzusammensetzung, insbesondere bei GJV-Legierungen, erheblichen Einfluss auf die Zerspanbarkeit. Wird beispielsweise der Titangehalt der GJV-Legierung auf Werte kleiner 0,006 Massenprozent begrenzt, so sind signifikant höhere Werkzeugstandwege zu erwarten [1].

Schneidstoffe und Werkzeugkonzepte zur spanenden Bearbeitung von Funktionsflächen

Was sind Funktionsflächen?

Eisen-Kohlenstoff-Gusswerkstoffe zählen zur Gruppe der tribotechnischen Werkstoffe im Maschinen- und Anlagenbau und sind besonders als Konstruktionswerkstoff für tribologisch beanspruchte Funktionsflächen geeignet. Eine Auswahl an Funktionsflächen im Verbrennungsmotor ist in Abbildung 4 dargestellt. Anforderungen an Funktionsflächen sind unter anderem Gleiten, Führen, Speichern sowie Haften und Dichten. Die im Grauguss-

werkstoff eingelagerten Grafitlamellen fungieren als Festschmierstoffphasen, wodurch Funktionsflächen bei unzureichender Schmierung über Notlaufeigenschaften verfügen. Des Weiteren beeinflussen sowohl die thermischen als auch die mechanischen Werkstoffeigenschaften das tribologische Bauteilverhalten in erheblichem Ausmaß, obwohl das Reibungs- und Verschleißverhalten von Werkstoffpaarungen nicht unmittelbar aus deren Eigenschaften abgeleitet werden kann.

Schneidstoffe und Werkzeugkonzepte zur spanenden Bearbeitung von Funktionsflächen

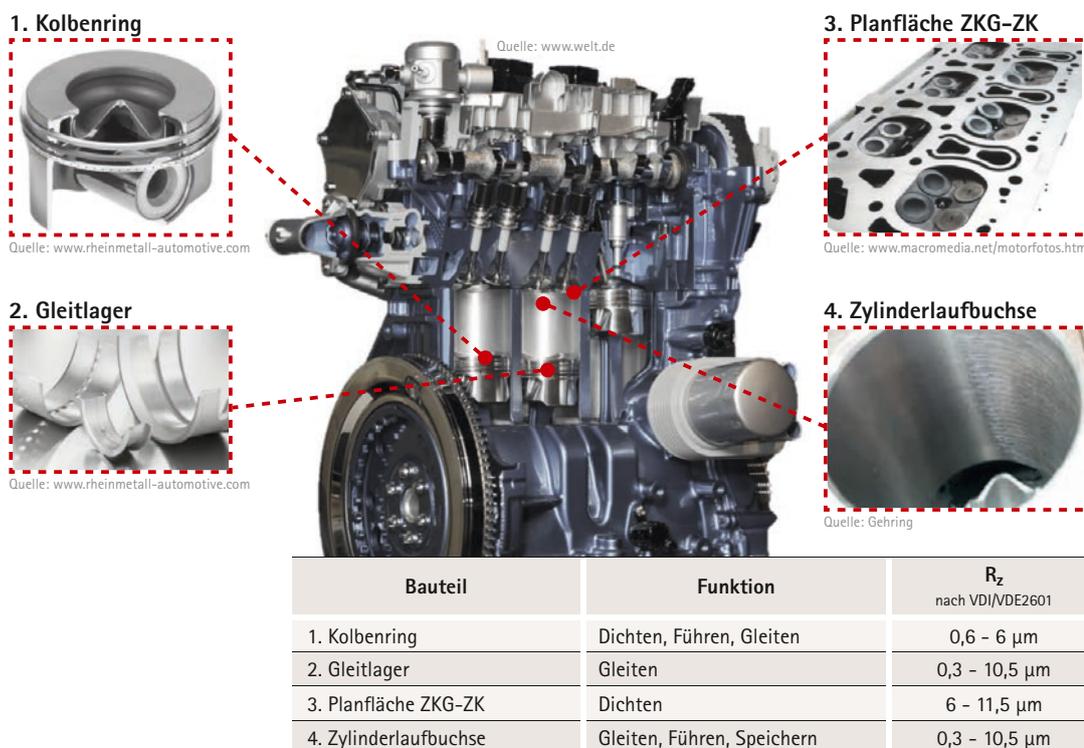


Abbildung 4: Ausgewählte Funktionsflächen am Beispiel eines großvolumigen Verbrennungskraftmotors

Graues Gusseisen (GJL, GJV und GJS) zählt zu den wichtigsten Kurbelgehäusewerkstoffen bei großvolumigen Verbrennungskraftmotoren. Insbesondere der Einsatz von lamellarem Grauguss bietet Vorteile hinsichtlich der geringen Werkstoffkosten und der guten Zerspanungseigenschaften. Durch die unterschiedlichen Grafitstrukturen sowie Werkstoffeigenschaften von grauen Gusswerkstoffen können die folgenden tribotechnischen Anwendungsfelder definiert werden: Gusseisen mit Lamellengrafit (GJL) hat sich insbesondere bei gleitbeanspruchten Funktionsflächen bewährt. Werkzeugmaschinenführungen, Bremsscheiben oder Zylinderlaufbahnen von Verbrennungsmotoren werden bevorzugt aus lamellarem Grauguss hergestellt. Bei furchungsbeanspruchten

Funktionsflächen werden höher legierte Gusseisensorten mit Karbideinlagerungen eingesetzt. Grundlegend resultiert die hohe Verschleißbeständigkeit der sogenannten Hartgussarten aus einem grafitfreien Gefüge mit eingelagerten Sonderkarbiden. Gusseisen mit Kugelgrafit (GJS) eignet sich besonders für wälzbeanspruchte Funktionsflächen. Im Vergleich zu Gusseisen mit Lamellengrafit verlangsamt sich der Verschleißanstieg beim Einsatz von Kugelgrafitguss aufgrund der höheren Zähigkeitsreserven [10].

Weiteres positives Merkmal von Graugusswerkstoffen ist die geringe Verformungsneigung im Bereich der Zylinderlaufflächen und der Hauptlager. Dadurch, dass Grau-

Schneidstoffe und Werkzeugkonzepte zur spanenden Bearbeitung von Funktionsflächen

gusswerkstoffe auch für tribologisch hoch beanspruchte Zylinderlaufflächen eingesetzt werden können, entfallen notwendige Prozessschritte, wie beispielsweise die thermische Spritzbeschichtung von Zylinderlaufbahnen in Kurbelgehäusen aus Aluminium. Gusseisen mit Vermiculargrafit hingegen eignet sich für höhere thermomechanische Beanspruchungen, zeigt aber wie eingangs erwähnt eine deutlich schlechtere Zerspanbarkeit. Dadurch wird Gusseisen mit Vermiculargrafit gegenwärtig nur für hoch aufgeladene Dieselmotoren eingesetzt [11].

Verbreitete Fertigungsverfahren für die Herstellung von Funktionsflächen an Zylinderlaufbahnen und Kurbelwellen sind Honen, Laserstrukturieren und Festwalzen. Beispielsweise können mit einem kinematisch modulierten Quer-Umfangs-Außenrundscheifprozess multidirektionale Oberflächenstrukturen auf Wälzlerschalen realisiert werden. Dadurch werden die elastohydrodynamischen Schmierfilmeigenschaften hinsichtlich der Funktionsflächentopografie gezielt eingestellt und verändert [10].

Werkzeugkonzepte zur Herstellung von Funktionsflächen

Werkzeugkonzepte zur Herstellung von Funktionsflächen

Zur Herstellung von Funktionsflächen werden zumeist spanabhebende Verfahren mit geometrisch bestimmter oder geometrisch unbestimmter Schneide eingesetzt. Als Beispiele für Verfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide sind Honen, Schleifen oder auch Läppen zu nennen. Bei der Feinbearbeitung von Gusswerkstoffen mit geometrisch unbestimmter Schneide stellt die sogenannte Blechmantelbildung ein wesentliches Problem bei der Fertigung von Funktionsflächen dar. Die Blechmantelbildung beschreibt generell eine plastische Materialverformung an der Bauteiloberfläche, welche durch bspw. stumpfe Honleisten oder Festwalzverfahren hervorgerufen werden kann. Materialverquetschungen und Verschuppungen auf den bearbeiteten Bauteilflächen setzen die Honriefen zu bzw. überschmieren die Grafitlamellen, sodass die Notlaufeigenschaften der Funktionsflächen minimiert werden [12].

Für die Feinbearbeitung von Funktionsflächen mit geometrisch bestimmter Schneide, wie bspw. Feinbohren oder Reiben, existieren unterschiedlichste Werkzeugkonzepte (vgl. hierzu Abbildung 5). Auf Grundlage gegebener Randbedingungen sowie unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit werden geeignete Werkzeugkonzepte ausgewählt. Werkzeuge mit Wendschneidplatten (1), (2) bieten Vorteile durch geringe Werkzeugumlaufkosten, Feinbohrwerkzeuge (2) garantieren höchste Form- und Lagegenauigkeiten und Mehrschneidenreibahlen (3) überzeugen durch kurze Taktzeiten und eine hohe Ausbringung. Die verschiedenen Werkzeuggrundkörper können hierzu mit unterschiedlichen Schneidstoffen bestückt werden.

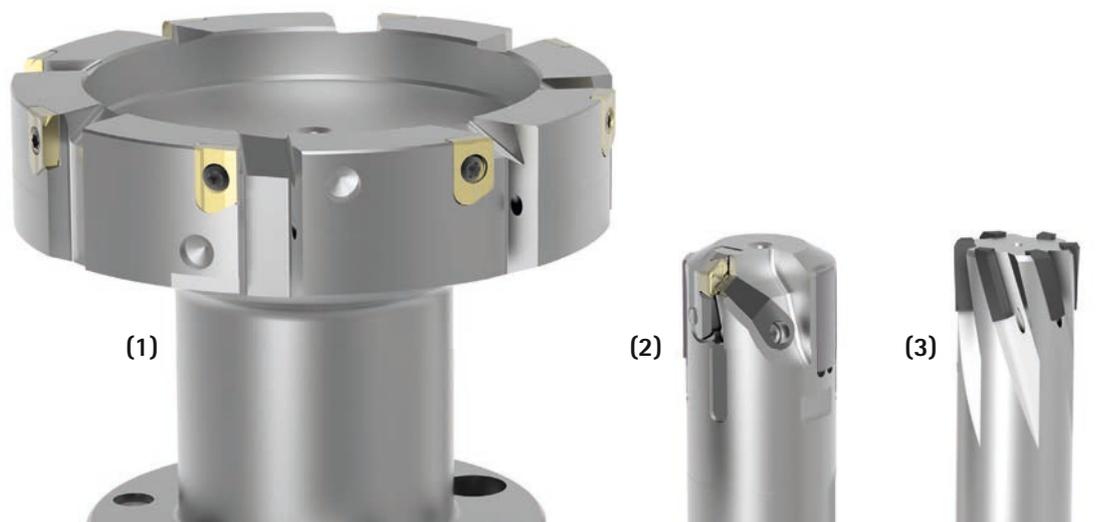


Abbildung 5: Werkzeugkonzepte für die Bohrungsfinebearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide

Neben den spanenden Verfahren werden auch umformende Fertigungsverfahren, wie das Glatt-, Fest- oder Feinwalzen, eingesetzt, um bestimmte Bauteilfunktionen erreichen zu können. Beim Rollieren wird die Bauteiloberfläche mit einer oder mehreren Kugeln bzw. mit Rollen umgeformt, wodurch eine Verfestigung sowie ein höherer Druckspannungsanteil in der Bauteilrandschicht erreicht werden kann. Weiterhin ist es möglich mit die-

sen umformenden Verfahren neben einer geringen Rauheit auch eine ausgezeichnete Oberflächenqualität zu erreichen. Für eine umformende Feinbearbeitung sind alle plastisch verformbaren Werkstoffe mit hoher Bruchdehnung geeignet. Spröde Eisengusswerkstoffe neigen dagegen beim Einsatz dieser Verfahren oftmals zur Rissbildung in oberflächennahen Bereichen und sind somit nur bedingt für diese Bearbeitungsverfahren geeignet.

[Werkzeugkonzepte zur Herstellung von Funktionsflächen](#)

Schneidstoffe für die Zerspanung von Graugusswerkstoffen

Im Allgemeinen werden für die Feinbearbeitung von Guss-eisenwerkstoffen hauptsächlich beschichtete Hartmetalle (HC) und PcBN-Schneidstoffe eingesetzt. Zur Schlichtbearbeitung von Gusseisen mit Vermiculargrafit (GJV) werden jedoch insbesondere Hartmetallschneidstoffe der Schneidstoffgruppe K verwendet. Hartmetallschneidstoffe der Anwendungsgruppe K10 in Kombination mit einer angepassten Schneidteilgestaltung und Kantenverrundung größer 50 µm ohne zusätzliche Spanformgeometrie bieten ein sehr gutes Standwegverhalten bei Feinbohrprozessen im kontinuierlichen Schnitt. Bei der Zerspanung von Vermicularguss hat eine Schnittgeschwindigkeitssteigerung den größten Einfluss auf das Werkzeugeinsatzverhalten im Vergleich zu einer Erhöhung des Vorschubs und der Zustellung (siehe Abbildung 3).

Im Besonderen bei der Zerspanung von Gusseisen mit Lamellengrafit wird häufig der hochharte Schneidstoff Bornitrid (PcBN), sowie in Sonderfällen auch polykristalliner Diamant (PKD), HC und Cermet verwendet. Die genannten Schneidstoffsorten werden hierbei in Abhängigkeit von der Grafitausscheidungsart im Gusseisen und nach gestellter Bearbeitungsaufgabe eingesetzt. Mit Ausnahme von PcBN sollte die Schnittgeschwindigkeit für die Feinbearbeitung von Gusswerkstoffen zwischen 80 m/min und 220 m/min gewählt werden. Für Schneidstoffe aus Bornitrid gelten hingegen wesentlich höhere Schnittgeschwindigkeiten von bis zu 1.200 m/min, vgl. hierzu Tabelle 1.

[Schneidstoffe für die Zerspanung von Graugusswerkstoffen](#)

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]				
	Hartmetall beschichtet	Cermet	Cermet beschichtet	PcBN	PKD
GJL	80 - 120	90 - 120	110 - 220	600 - 1.200	50 - 110
GJS	80 - 120	90 - 120	110 - 220		
GJV	80 - 110	80 - 100	100 - 180		

Tabelle 1: Schnittgeschwindigkeiten für die Feinbearbeitung von Grauguss

Zudem sollte im zuletzt genannten Fall die spanende Bearbeitung im Trockenschnitt erfolgen, damit sich durch die erhöhten Zerspanntemperaturen die verschleißminimierende Mangansulfid-Schicht an der Werkzeugschneide bilden kann, vergleiche hierzu Abbildung 3 (b).

Dagegen wird für die Schlichtbearbeitung von vermicularem Grauguss die Prozesskonditionierung mit kryogener CO₂-Schneekühlung empfohlen, damit die thermische Werkzeugbelastung aufgrund der fehlenden Mangansulfid-Schutzschicht reduziert werden kann [1].

Bearbeitungsbeispiel: Feinbearbeitung von Zylinderlauflächen

Bearbeitungsbeispiel: Feinbearbeitung von Zylinderlauflächen

Die Herstellung der Zylinderlaufläche erfolgt durch eine mehrstufige Prozesskette bestehend aus einem Fein- und einem Feinstbearbeitungsverfahren. Mit dem Fertigungsverfahren Feinbohren (Verfahren mit geome-

trisch bestimmter Schneide) erhält jede Zylinderbohrung zunächst die geforderte Makrogeometrie (Zylinderform und Position).

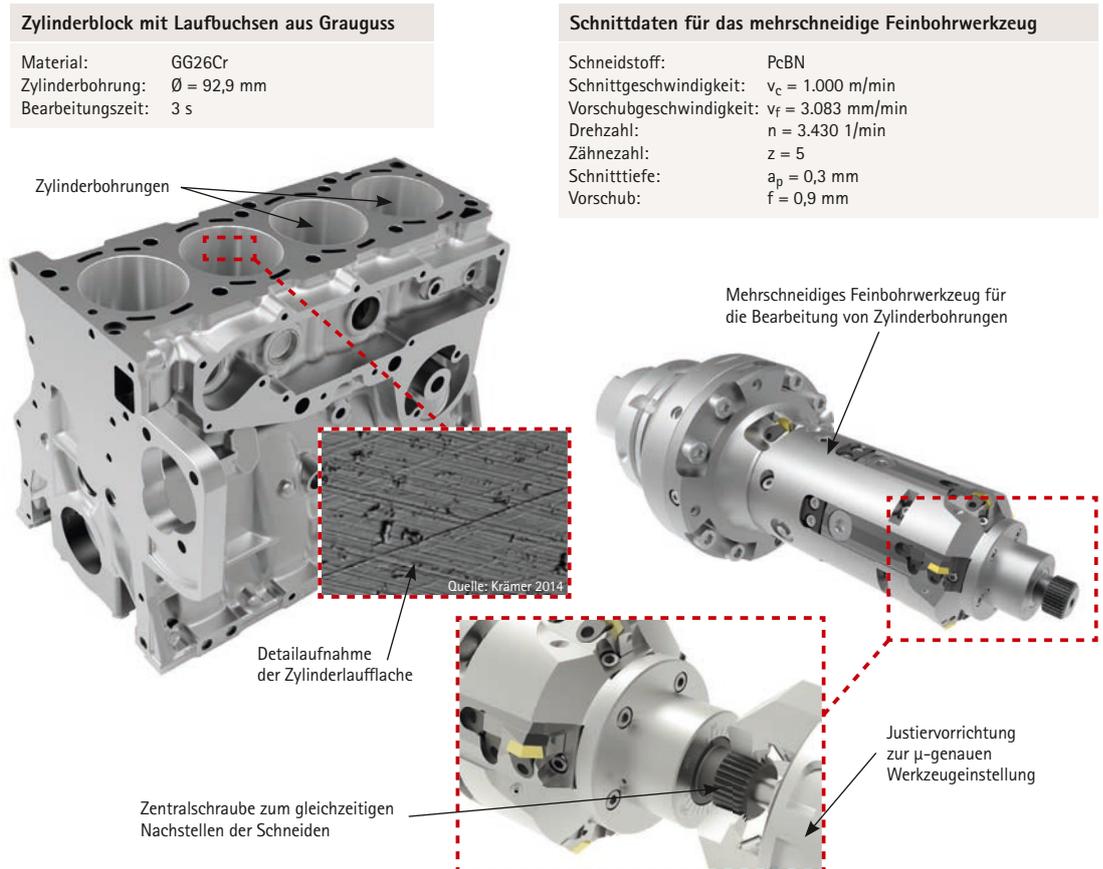


Abbildung 6: Feinbohren von Zylinderlauflächen eines Grauguss-Zylinderblocks mit Darstellung von Werkzeugkonzept, Schnittparametern und einem Ausschnitt der Funktionsfläche

Für die Feinbohroperationen werden Aussteuerwerkzeuge mit Feinjustierung eingesetzt. Charakteristisch sind die geringe Spanabnahme und die hohen Schnittgeschwindigkeiten. Zur Schneidenjustierung werden meist Zug-/Druckstangenbetätigungen verwendet bzw. der Kühlmitteldruck, wie es bei dem in Abbildung 6 dargestellten Werkzeug der Fall ist. Die Schneiden werden zunächst über die Steuerung des Kühlmitteldrucks (ca. 50–60 bar) auf den eingestellten Bearbeitungsdurchmesser positioniert und es erfolgt die Bearbeitung der Zylinderbohrung. Nach Beendigung wird der Kühlmitteldruck ausgeschaltet, die justierbaren Wippen mit den Finish-Schneiden

heben vom Werkstück ab und das Werkzeug kann rückzugsriefenfrei aus der Bohrung ausgefahren werden. Zudem können die Schneiden über eine stirnseitig positionierte Zentralschraube entweder manuell mit einem Montageschlüssel oder automatisch über eine Justiervorrichtung im Bearbeitungszentrum μ -genau nachgestellt werden, um den Schneidenverschleiß zu kompensieren. Für den anschließenden Honprozess ist ein definiertes Oberflächenprofil gewünscht, welches sich gezielt durch Feinbohroperationen erzeugen lässt. Die Anforderung bezüglich der gemittelten Rautiefe R_z beträgt 8 bis 16 μm (vergleiche hierzu Abbildung 7).

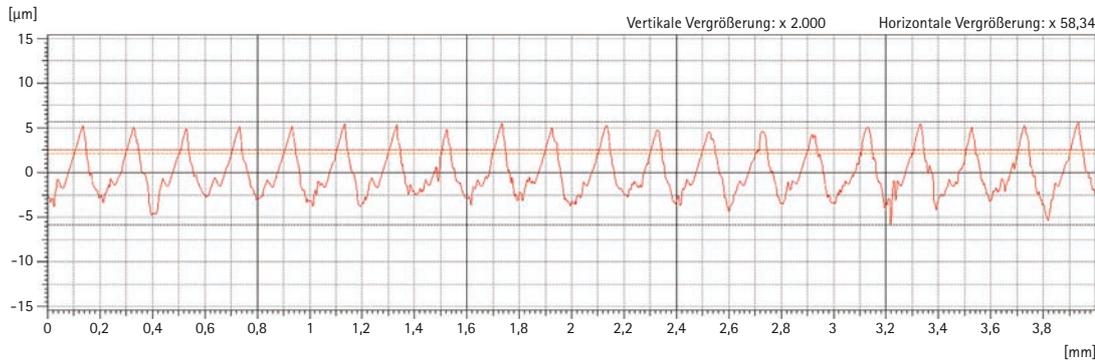


Abbildung 7: Definiertes Oberflächenprofil vor dem Honen

Die Funktionseigenschaften der Zylinderbohrung werden in einem zweiten Prozessschritt durch Verwendung einer Honahle (Verfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide) hergestellt. Die daraus resultierende Mikrogeometrie bestimmt die Funktionseigenschaften einer fertiggehonten Oberfläche, welche die tribologischen Zustandsgrößen „Haften“ und „Gleiten“ sowie „Führen“ beinhaltet. Die Zylindrizitätsabweichung nach der Honbearbeitung sollte kleiner als 6 µm sein. Wesentlicher

Vorteil des Werkstoffs Grauguss bei der Verwendung im Zylinderblock sind die Notlaufeigenschaften, welche durch die Freilegung der Grafit Einschlüsse gegeben sind. Die Kreuzriefenstruktur ist eine typische, durch den Honprozess bedingte, Oberflächenstrukturierung und führt in Verbindung mit dem freigelegten Grafit zu hervorragenden tribologischen Gleiteigenschaften (vgl. Abbildung 6). Weiterhin führt ein Grafit austrag zur Bildung von Hohlräumen, welche als Schmiermittelreservoirs fungieren.

Bearbeitungsbeispiel:
Feinbearbeitung von
Zylinderlaufflächen

Bearbeitungsbeispiel: Bremsattelbearbeitung mit einer Mehrschneidenreibahle

Im Rahmen der Bremsattelbearbeitung sind insbesondere für die Herstellung der eng tolerierten Funktionsflächen mehrere Bearbeitungsschritte notwendig. Grundlegend für die weiteren Prozessschritte ist zunächst die Bearbeitung der Freigänge und der Anschlussbohrungen. Danach erfolgt die Schruppbearbeitung der Kolbenbohrung mit anschließender Fertigbearbeitung der Ein- und Freistiche mithilfe von Aussteuerwerkzeugen. Abschließend wird die Schlichtbearbeitung der Funktionsflächen im Bereich der Kolbenbohrung durchgeführt (vergleiche

hierzu Abbildung 8). Dieser Feinbearbeitungsvorgang gliedert sich in die folgenden drei Bearbeitungsschritte, die zeitgleich ablaufen:

- Fertigbearbeitung von Planfläche und gestufter Anschlussbohrung (inkl. Fasen)
- Fertigbearbeitung der Planfläche (in Nähe der Anschlussbohrung inkl. Fasen)
- Fertigbearbeitung der Hauptbohrung

Bearbeitungsbeispiel:
Bremsattelbearbeitung

Bearbeitungsbeispiel: Bremsattelbearbeitung

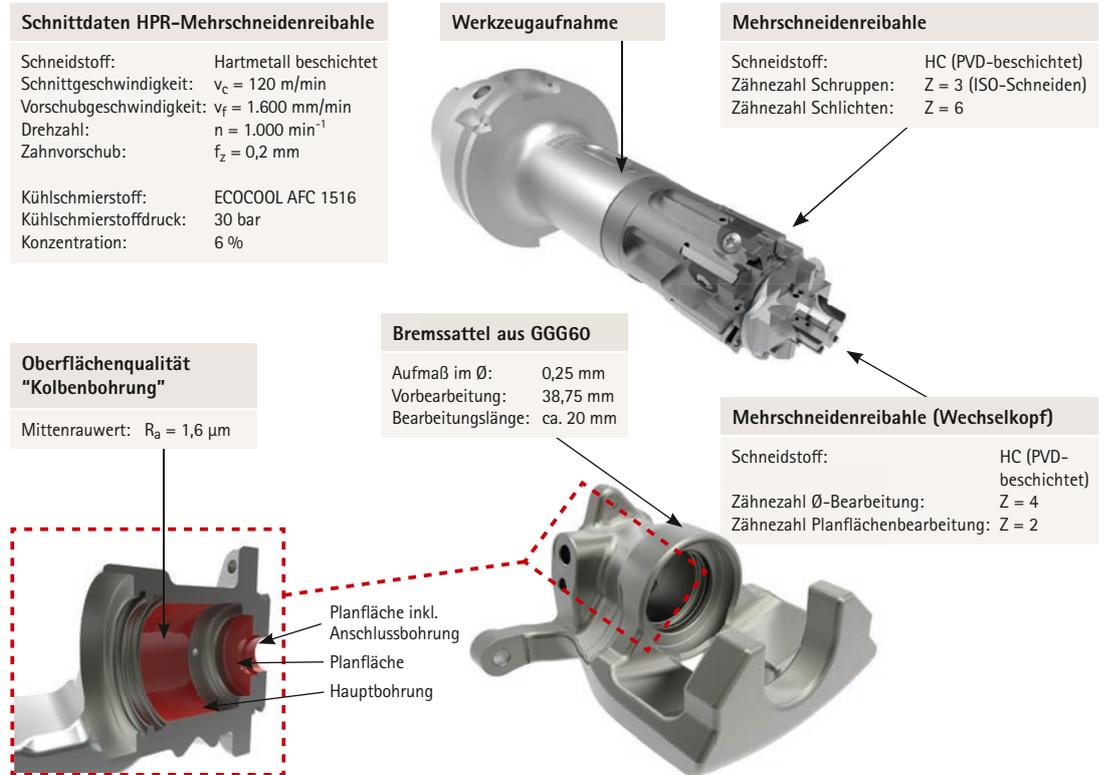


Abbildung 8: Funktionsflächenbearbeitung an einem Bremsattel aus GGG60 – Vorstellung von Werkzeugkonzept, Technologieparameter und erreichter Oberflächenqualität

Durch die unterschiedlichen Bearbeitungswege, Toleranzvorgaben (\emptyset -Hauptbohrung + 8 μm bzw. \emptyset -Anschlussbohrung $\pm 15 \mu\text{m}$) und Schnittgeschwindigkeiten ergeben sich für die vorderen und die hinteren Bearbeitungsstufen der eingesetzten Mehrschneidenreibahle unterschiedliche Werkzeugstandzeiten. Insbesondere die Schneiden am Wechselkopf erreichen, aufgrund der zuvor genannten Unterschiede und Einsatzbedingungen,

die zwei- bis dreifache Standzeit im Vergleich zu den eingesetzten Schneiden am Hauptbohrungswerkzeug. Deshalb werden für die Feinbearbeitung von Funktionsflächen am Bremsattel meist mehrteilige Werkzeugkonzepte eingesetzt. Diese bieten die Möglichkeit der Wiederaufbereitung, wodurch die Wirtschaftlichkeit des eingesetzten Werkzeugsystems erhöht wird.

Zusammenfassung

Zur Funktionserfüllung hochkomplexer Baugruppen werden an die Zerspantung immer höhere Anforderungen hinsichtlich makrogeometrischer Bauteileigenschaften wie Maß-, Form- und Lagegenauigkeit sowie mikrogeometrischer Bauteileigenschaften wie der Oberflächengüte gestellt. Die Einhaltung der geforderten Toleranzen bedingt den Einsatz von Fein- und Feinstbearbeitungsverfahren, und es bedarf spezieller, auf die entsprechende Bearbeitungsaufgabe angepasster Werkzeuge und Schneidstoffe. Weiterhin werden zunehmend Gusseisenwerkstoffe mit verbesserten mechanischen und thermischen Werkstoffeigenschaften eingesetzt, wodurch die Zerspanbarkeit aufgrund von eingelagerten Karbiden sowie höherfesten Perlitphasen zusätzlich erschwert wird. Die allgemeine Forderung nach einer

produktiveren Zerspantung von Gussbauteilen erfordert daher eine gesamtheitliche Betrachtung des Prozesses. Die Forderung nach höheren Bearbeitungsgeschwindigkeiten erfordert eine Steigerung der Schnittparameter. Diese werden erreicht durch eine Optimierung der Schneidgeometrie, des Schneidstoffes sowie der Schneidstoffbeschichtung. Zudem ist die Entwicklung innovativer Konzepte zur Reduzierung der Werkzeugeinstell- sowie der Werkzeugwechselzeiten essentiell, um die Produktivität bei der Feinbearbeitung von Funktionsflächen der Gusswerkstoffe zu verbessern und letztlich den Umlaufbestand von Werkzeugen beim Kunden zu reduzieren. Durch neue innovative Werkzeugtechnologien können zukünftig sowohl produktivere als auch wirtschaftlichere Bearbeitungsprozesse an Gussbauteilen realisiert werden.

Zusammenfassung

Literaturverzeichnis

- [1] Pfeiffer, P.: Technologische Prozessauslegung für die Zerspantung von Gusseisen mit Vermiculargrafit unter kontinuierlichen Schnittbedingungen. Dissertation, PTW, Technische Universität Darmstadt, Shaker Verlag, Aachen, 2014.
- [2] Bartels, C.; Gerhards, R.; Hanselka, H.: Gusseisen mit Kugelgraphit Herstellung - Eigenschaften - Anwendung. konstruieren + gießen 32 2007 H.2 ZGV-Zentrale für Gussverwendung im Deutschen Gießerverband.
- [3] Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG): Die Branche in Zahlen. [online] Homepage: BDG - Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie e. V., URL: <http://www.bdguss.de/branche/die-branche-in-zahlen/#.WBMJ3S2LSUk> [Stand: 30.10.2016], 2015.
- [4] Berns, H.; Theisen, W.: Eisenwerkstoffe Stahl und Gusseisen. 4. Auflage; Springer-Verlag Berlin Heidelberg ISBN 978-3-642-31923-5, 2008.
- [5] Bargel, H.-J.; Schulze, G.: Werkstoffkunde. 10. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-79296-3, 2008.
- [6] Mollenhauer, K.; Tschöke, H.: Handbuch Dieselmotoren. 3. Auflage, Springer Berlin Heidelberg New York, ISBN 978-3-540-72164-2, 2007.
- [7] Lekakh, S. N.; Richards, L.: Cast Iron Machinability - The effect of aging on material properties determines optimal machining time. Modern Casting, 2014.
- [8] Klöpffer, C. F.: Untersuchungen zur Zerspanbarkeit von austenitisch-ferritischem Gusseisen mit Kugelgraphit (ADI). Dissertation, WZL, RWTH Aachen, 2007.
- [9] Kress J.: Auswahl und Einsatz von polykristallinem kubischem Bornitrid beim Drehen, Fräsen und Reiben. Dissertation, ISF, Technische Universität Dortmund, Vulkan Verlag, Essen, 2007.
- [10] Czichos, H.; Habig, K.-H.: Tribologie-Handbuch Tribometrie, Tribomaterialien, Tribotechnik. 4. Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden, ISBN 978-3-8348-1810-2, 2015.
- [11] MAHLE GmbH: Zylinderkomponenten - Eigenschaften, Anwendungen, Werkstoffe. 2. Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden, ISBN 978-3-658-09545-1, 2015.
- [12] Welzel, F.: Tribologische Optimierung von Zylinderlaufflächen in Verbrennungsmotoren aus fertigungstechnischer Sicht. Dissertation, Fak. für Maschinenbau, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2014.

Literaturverzeichnis

Prof. Dr. Eberhard Abele

ist Geschäftsführender Leiter des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen, PTW der TU Darmstadt
info@ptw.tu-darmstadt.de

Dr. Dirk Sellmer

ist Leiter der Abteilung Forschung und Entwicklung bei der MAPAL Dr. Kress KG.
dirk.sellmer@de.mapal.com

Herausgeber:

MAPAL Präzisionswerkzeuge Dr. Kress KG
 Postfach 1520 | 73405 Aalen
 Telefon 07361 585-0 | Telefax 07361 585-1029
info@de.mapal.com | www.mapal.com

Verantwortlich für den Inhalt: Andreas Enzenbach
 © MAPAL Präzisionswerkzeuge Dr. Kress KG
 Nachdruck, auch auszugsweise, nur nach Genehmigung des Herausgebers.

Impressum



Bisher erschienen:

TECHNOLOGIE REPORT

- 01 | Interpolationsdrehen
- 02 | Energieeffizienz
- 03 | Minimalmengenschmierung
- 04 | Trochoides Fräsen
- 05 | Thermische Spritzschichten
- 06 | Volumenfräsen
- 07 | Feinbearbeitung von Funktionsflächen in Graugusswerkstoffen