

Kühlkonzepte beim Honen

Um Qualität und Wirtschaftlichkeit beim Feinbearbeitungsverfahren Honen sicherzustellen, ist der Einsatz von Kühlschmierstoffen nach heutigem Stand der Technik notwendig. Trockenbearbeitungen wie bei spanenden Verfahren mit definierter Schneide sind beim Honen zumindest in größerem Umfang nicht bekannt. In längerer Vergangenheit ist allerdings ein Bedarfsfall und zwar das Trockenhonen der Bohrungen in Weichblechpaketen von Statoren dokumentiert. In diesem Fall machte die Bauteilfunktion zwangsläufig eine Trockenbearbeitung teilespezifisch notwendig. Über mehrere Einspindelanlagen wurde der Serienbetrieb gesichert. Die Bearbeitung erfolgte mit konventionellen Honleisten, wobei der Materialabtrag und der Honleistenabrieb über Vakuumpumpen abgesaugt wurden (Gehring Arbeitsberichte). Bei diesem Sonderfall ist es zumindest bis heute geblieben.

von Ulrich Klink und Martin Dellin

Die althergebrachten Überflutungssysteme mit großen Volumenströmen verlieren zunehmend an Bedeutung. Effizientere, wirtschaftlichere und umweltfreundlichere KSS-Konzepte sind gefragt. Wesentliche technologische Verfahrensmerkmale wie:

Vielschneidiges Werkzeug

flächiger Materialabtrag

bohrungsfüllendes Werkzeug

große Berührungsfläche zwischen Honbelag und Werkstückbohrung

bestimmen in den letzten Jahren die Weiterentwicklung der KSS-Zuführtechniken.

KÜHLSCHMIERSTOFFE BEIM HONEN

Das Hauptunterscheidungsmerkmal bei den zum Einsatz kommenden Medien liegt darin, ob ein Kühlschmierstoff wassermischbar oder nicht was-

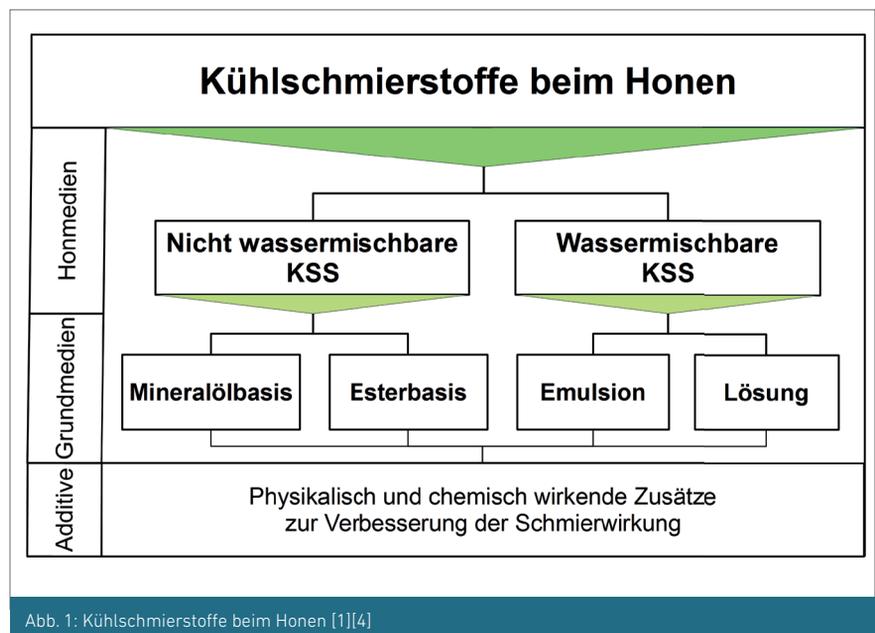


Abb. 1: Kühlschmierstoffe beim Honen [1][4]

sermischbar ist. Beim Honen finden die nicht wassermischbaren KSS auf Mineralölbasis und Esterbasis und auch die wassermischbaren KSS wie Emulsionen und Lösungen Anwendung (Abb. 1).

Die Kühlschmierstoffe werden klassifiziert und dem zu spanenden Werkstoff oder der Werkstoffgruppe

zugeordnet. In der Praxis ist es in den meisten Fällen nicht wirtschaftlich, jede Werkstoffspezifikation auf ein eigenes Kühlschmiermittel abzustimmen. Den chemischen und physikalischen Eigenschaften entsprechend ist die Kühlschmiermittelklasse auf die Werkstoffgruppe und die Verfahrensvariante eingestellt.

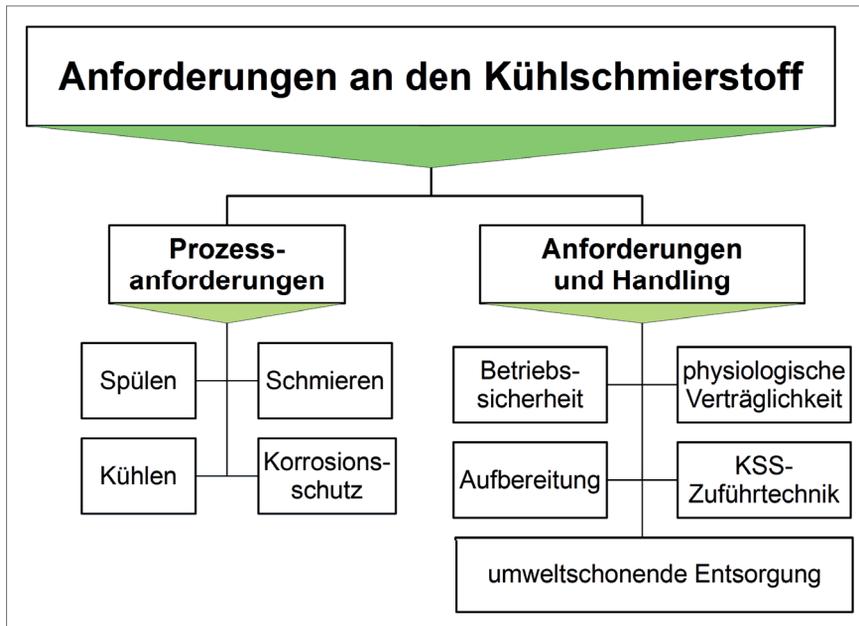


Abb. 2: Anforderungen an Kühlschmierstoffe [1][3]



Abb. 3: Ausschnitt einer CBN-Honleistenschneidfläche in eingelaufenem Zustand [2]

ANFORDERUNGEN AN DIE KÜHLSCHMIERSTOFFE

Neben den eigentlichen prozess-relevanten Anforderungen sind in zunehmendem Maße auch die peripheren Anforderungen im Handling von großer Wichtigkeit. Abbildung 2 zeigt die zahlreichen Anforderungen, welche ein KSS erfüllen muss.

PROZESSANFORDERUNGEN

Spülwirkung: Der Materialabtrag und der Honleistenabrieb muss durch die Spülung kontinuierlich ausgetragen werden. Eine freigespülte griffige Schneidfläche fördert den Selbstschärfeffekt und wirkt sich positiv auf Abtragsleistung und Qualitätskonstanz aus. Die kleinen

*Präzision
ist unsere
Leidenschaft*

Diamant- und CBN-Schleifwerkzeuge mit galvanischer Bindung

Seit mehr als 75 Jahren

Finzler, Schrock & Kimmel GmbH

Arzbacher Straße 55/57

56130 Bad Ems

Tel: +49 2603 9603 0

E-Mail: info@fis-online.com



www.fis-online.com

GrindTec
Internationale Fachmesse
für Schleiftechnik
14.-17. März 2018 • Messe Augsburg
Wir freuen uns auf Ihren Besuch in Halle 3 - Stand 3020

Späne und der Honleistenabrieb müssen zwischen dem Schneidkristallüberstand und der Bindung in den Mikrofreiräumen und Spannuten beschleunigt abgeführt werden. Schnelle und kurze Spänetransportwege bewirken eine Verbesserung der Abtragsleistung. Abbildung 3 zeigt den Ausschnitt einer CBN-Honleistenschneidfläche mit den hervorstehenden Schneidkristallen und der zurückliegenden Metallbindung mit den Spanleitzone (Klink, Flores 1979). Neben dem Freispülen der Honleiste, dem Werkzeug und der Bohrungsfläche ist es auch von Bedeutung, das vorzeitige Sedimentieren der Abtragspartikel und Abrasivstoffe in der Werkstückaufnahme (Referenzflächen, Spannflächen) und den Transportschienen zu verhindern. Zusatzspülungen, vor allem für Spann- und Referenzflächen in der Werkstückaufnahme, aber auch für Transportschienen, sind ein weiteres wichtiges Qualitätsmerkmal. So ist nicht nur das eigentliche abspülen mit einem ausreichenden Volumenstrom, sondern auch das Schmutzaustragevermögen, d. h. der gesicherte Spänetransport zum Schmutztank, von Wichtigkeit. Grundsätzlich ist durch hohe Benetzungsfähigkeit und niedrige Viskositäten eine positive Beeinflussung der Spülwirkung gegeben. (Abb. 3)

Bei den älteren KSS-Zuführsystemen werden je nach Bohrungsabmessung, Volumenströme von 3 bis 50l/min pro Spindel zugeführt. Bei großen Abmessungen, wie z. B. beim Honen von Schleusenhydraulikrohren, waren auch schon Fördermengen von 150l/min zur Bearbeitung in Anwendung.

Schmierwirkung: Durch Bildung eines stabilen Schmierfilms wird die Reibung insgesamt zwischen Honleiste und Bohrungsfläche im Besonderen an den einzelnen Schneidkristallen bei der Spanbildung reduziert. Dies wird sowohl durch die tribologischen Eigenschaften des Basisfluids als auch durch zugeführte Verschleißschutzadditive

erreicht. Die Schmiereigenschaften des KSS reduzieren den Scherwiderstand des zu bearbeitenden Materials und bewirken ein freies Schneiden ohne Werkstoffablagerung auf der Honleistenoberfläche. Durch die Benetzungsfähigkeit des KSS auf der Schneidfläche, der entsprechenden Ölfilmbildung, wird die Adhäsion von zerspantem Werkstoff verhindert. Der KSS-Schmierstoffanteil im Zerspanungsvorgang bewirkt konstante Abtragsraten und positiven Einfluss auf Makro- und Mikroform bei einer geringeren Leistungsaufnahme der Honmaschine. Spezifizierte Schmierstoffanteile erhöhen die Standzeit der Werkzeuge und bewirken niedrige Honzeiten.

Kühlwirkung: Mit die wichtigsten Qualitätsziele beim Honen sind hohe und konstante Maß- und Formgenauigkeiten, oft über große Stückzahlen hinweg, bei kurzen Taktzeiten und innerhalb weniger Mikrometer. Diese Forderung verlangt zwangsläufig einen temperaturstabilen Honprozess. Die Kühlwirkung wird durch die Wärmekapazität und die Wärmeleitfähigkeit des Honmediums bestimmt. Ein weiterer Beitrag zur Verbesserung der Kühlung ist durch eine niedrige Viskosität bei hoher Durchflussmenge gegeben. Luftbläschen oder Schaum im Honmedium, bedingt durch zu langsame Luftabscheidung und/oder starke Turbulenzen, verschlechtern entsprechend die Kühlwirkung beim Honprozess. Auch wenn beim Honen die Bearbeitungstemperatur im Vergleich zu anderen spanabhebenden Fertigungsverfahren relativ niedrig ist, hat sich eine wirkungsvolle Kühlung als notwendig erwiesen. Durch den KSS muss im gesamten Spanbildungsreich an der Bohrungsfläche und am Honwerkzeug die entstandene Wärme aufgenommen und in den Aufbereitungsbereich transportiert werden. Werden Maß- und Formregelungs-Systeme mit Eichringen und/oder Messdornen eingesetzt, ist es für die Qualitätskonstanz vorteilhaft, auch diese Betriebsmittel analog dem Werkstück und Werkzeug

zu kühlen. Bei höheren Qualitätsansprüchen sollte in jedem Fall sichergestellt sein, dass das Kühlmedium konstant mit einer Temperatur von 18 bis 20°C zur Wirkstelle kommt.

Korrosionsschutzwirkung: Während der Bearbeitungsprozesse am Bauteil bis zur Endgestalt und evtl. bis zur Endmontage muss der KSS zumindest temporär den Korrosionsschutz übernehmen. Nicht nur beim Werkstück, auch bei der Maschine und den Betriebsmitteln, wie z. B. Werkstückführungsbahnen, Vorrichtungen und Werkzeugen, muss die Korrosionsschutzwirkung über das Honfluid gewährleistet werden. Insbesondere bei wassermischbaren KSS kann es zu Korrosion kommen, falls der KSS nicht hinreichend gepflegt wird. Da gehobene Flächen meist in Tribo-Systemen (Laufbahn-Öl-Kolben) eingesetzt werden, ist die Langzeitabsicherung später durch die Funktion gegeben.

ANFORDERUNGEN UND HANDLING

Betriebssicherheit und physiologische Verträglichkeit: Die Betriebssicherheit bei Honölen konnte in den vergangenen Jahren durch entsprechende Weiterentwicklung beim Sicherheitsmerkmal Flammpunkt verbessert werden. Inzwischen liegen die KSS auf Mineralölbasis bei Flammpunkten zwischen 130 und 140°C, bei Produkten auf Esterbasis sogar bei 160°C. Bei modernen Honanlagen wird man durch komplette Abkapselungen der Bearbeitungsräume mit Absaugung des KSS-Nebels der notwendigen Hallenluftreinigung gerecht.

Aufbereitung: KSS-Aufbereitung heißt zum einen Reinigung des Mediums und Austragen des angefallenen Schmutzes, zum anderen Rückkühlung des Mediums auf die notwendige Betriebstemperatur. Der Schmutz setzt sich zusammen aus Honleistenabrieb (Verschleiß), wie

z. B. Abrasivstoffen und Bindungsanteile, sowie dem Werkstoffabtrag. Entsprechend besteht die Aufbereitungsanlage aus einem Reinigungs- und einem Kühlsystem. Eine kontinuierliche Aufbereitung ist bei höheren Qualitätsanforderungen unumgänglich.

Die Reinigungsart mit dem notwendigen Reinigungsgrad und entsprechender Partikelgröße definiert sich vorrangig durch die geforderte Oberflächenqualität. So sollte die Partikelgröße im KSS nicht größer als Faktor 10 des geforderten Oberflächenwerts (R_{max}) sein. Auf das Leistungsvermögen des KSS wirken sich aber auch Kleinstpartikel, Verschmutzungen, Verschleppung von Fremd-KSS beim Teiletransport vom Vorprozess oder auch Hydrauliköle/Fette von Antrieben negativ aus und müssen in Grenzen gehalten werden. Als Reinigungsanlagen werden beim Honen vorwiegend Magnetabscheider, Bandfilter, Anschwemmfilter und Zentrifugen eingesetzt. Dabei wird der Magnetabscheider meist zur Vorreinigung, d. h. nur zum Austragen der ferritischen Schmutzteilchen verwendet, während die kritischen oberflächenschädlichen Abrasivabriebe der Honleisten damit nicht erfasst werden. Bei der meist nachgeschalteten Endreinigung je nach Qualitätsanforderung durch Band- oder Anschwemmfilter oder Zentrifugen wird der zielführende Reinheitsgrad erreicht. Tabelle 1 zeigt beim Honen vorwiegend eingesetzte Reinigungssysteme mit den erreichbaren Partikelgrößen.

Bei diesen Reinigungssystemen genügt der Anschwemmfilter höchsten Ansprüchen. So wird dieses System auch den hohen Anforderungen bei der Graugussbearbeitung und damit dem Separieren von Graphit wie auch ähnlich schweren Bedingungen bei Aluminiumlegierungen gerecht.

Außer den in Tabelle 1 aufgeführten Systemen können auch filterhilfsmittelfreie Reinigungen wie Zentrifugen und sogenannte Endlosbandfilter

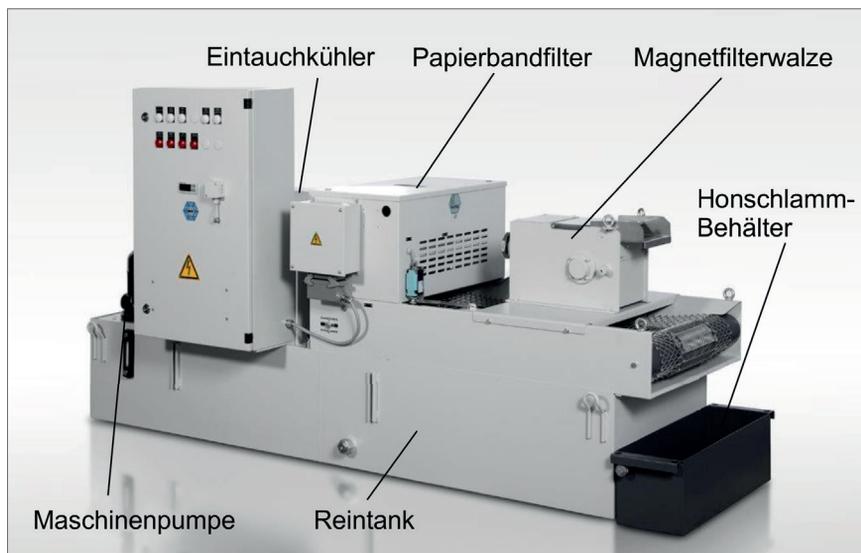


Abb. 4: Kombinierte Kühl- und Filteranlage [7]

Reinigungssystem	Erreichbare Partikelgröße	Filterhilfsmittel
Magnetabscheider	40—60 μm (ferritisch)	Keine
Bandfilter	20—40 μm	Filtervlies
Anschwemmfilter	< 10 μm	z.B. Cellulose

Tab. 1: Vergleich von Reinigungssystemen

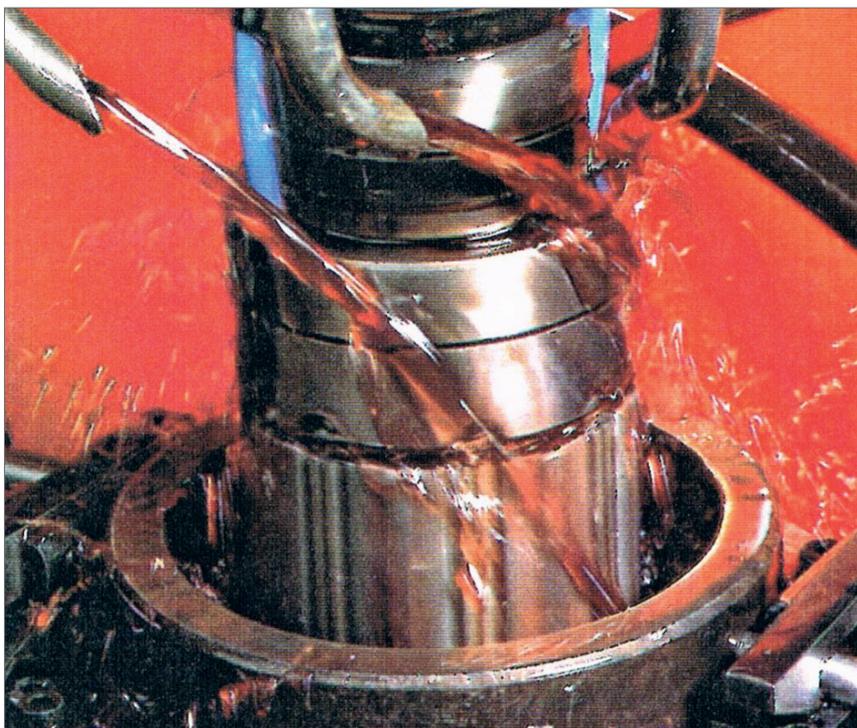


Abb. 5: Außenkühlung nach Gehring [1]

Lösungen bieten. Weitere Hinweise zum KSS im Zusammenwirken mit Maschinen und Prozessen siehe VDI 3035. Abbildung 4 zeigt eine kombinierte Kühl- und Filteranlage zur Honölaufbereitung. Bei derartigen Standardanlagen erfolgt die Vorreinigung mit Austragung der ferritischen Teile über Magnetabscheidung und die Feinfiltration über Papierbandfilter mit den anforderungsspezifischen Vliesstoffen. Bei der Graugussbearbeitung empfiehlt sich zusätzlich zur Graphitabscheidung eine Zentrifuge im Nebenstrom.

Kühlschmierstoffzuführtechniken: Die Leistungseffizienz, Schneidmittelstandzeit und Qualitätskonstanz werden besonders bei diesen flächigen

Abtragsverfahren stark beeinflusst durch den Kühlschmierstoff. Je nach Bohrungs- und Werkstückgestalt sind die KSS-Zuführsysteme modifiziert (Abb. 5-9). Grundsätzlich gilt: Die KSS-Wirkung steigt mit ausreichender und gesicherter Versorgung der Spanbildungsbereiche.

KSS-ZUFÜHRUNGEN

Herkömmliche Außenkühlung: Die herkömmliche Außenkühlung (KSS-Versorgung) erfolgt i.d.R. über verschiedene Düsen- oder Ringsysteme. Bei derartigen Systemen kann nur ein relativ kleiner Teil der Zuführmenge im Bearbeitungsraum

zwischen Werkzeug und Bohrung wirksam werden. Trichterförmige Auffang- und Zuführringe über der Bohrung sind oft zur weiteren Verbesserung installiert (Abb. 5).

Innenkühlsysteme: Das Ziel mit dem KSS möglichst direkt und kontinuierlich im Spanbildungsbereich, den Schneidkörnern, zu wirken ist mit den mit den Innenkühlssystemen nach Abbildung 6 A bis C sowie Abbildung 7 bis 9 im Serienbetrieb erfolgreich umgesetzt. Beim System A) erfolgt die Zuführung längs der Werkzeugachse und über Quernuten seitlich an den Zustellhonleisten. Bei der Variante C) ist ein Kühlbohrungssystem vor jeder Honleiste integriert. Die Ausführung B) zeigt

ÜBER DIE LEISTUNGSGRENZEN HINAUS

Reshaping
your
world.



NORTON QUANTUM X

Revolutionäre Schleifscheibe für ultimative Schleiferfahrung



NEU AEON

Hochpräzise Schleifscheibe mit galvanischer Bindung



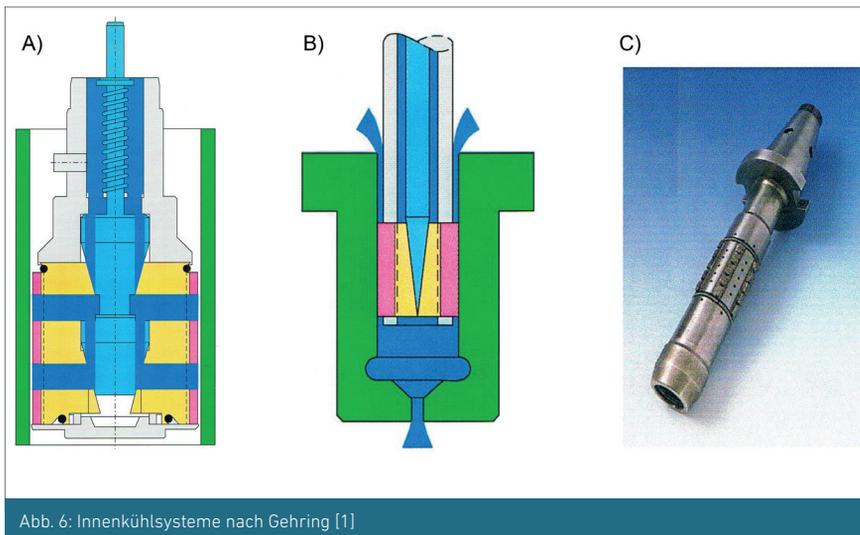


Abb. 6: Innenkühlsysteme nach Gehring [1]

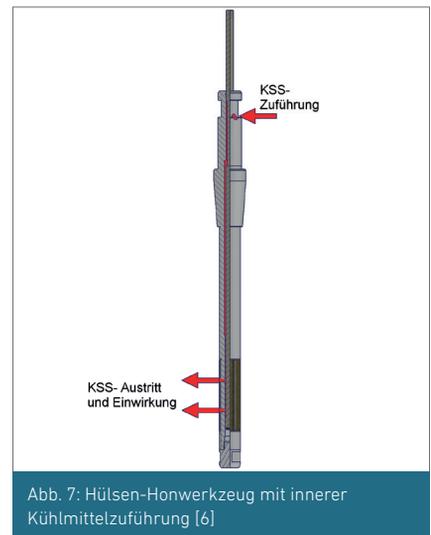


Abb. 7: Hülsen-Honwerkzeug mit innerer Kühlmittelzuführung [6]

ein Konzept der Sacklochbearbeitung von Einspritzdüsen. Der KSS wird am Zustellkonus vertikal zugeführt und tritt am Bohrungsgrund aus. Über die kontinuierliche Hubbewegung erfolgt ein sehr effizienter Rückpump- und entsprechender Spüleffekt zwischen der Bohrungswand und dem Werkzeug.

HÜSLENHONWERKZEUG MIT INNERER KÜHLMITTELZUFÜHRUNG

Vollmantelwerkzeuge: Bei den Vollmantelwerkzeugen bewirken nicht einzelne Leisten oder Segmente den Materialabtrag, sondern weitgehend geschlossene Hohlkörper in Rohr- oder Hülsenform als Aufweitkörper. Dabei sind diese Werkzeugkörper mit schmalen Nuten versehen, sodass über die Axialverschiebung des Konussystems im Werkzeugkörper die Durchmesseränderung über Dehnung bewirkt wird. Diese radiale Aufweitung kann direkt über Axialkonus und werkzeugfestem Schneidmantel oder indirekt über Zwischenleisten und abnehmbaren Schneidhülsen erfolgen. Je nach abzutragendem Werkstoff sind die Schneidkörper mit galvanischen Diamant-, CBN-Belägen oder auch mit entsprechenden Leisten ausgerüstet. Um hohe Lebensdauer und konstante Qualität zu garantieren, ist es

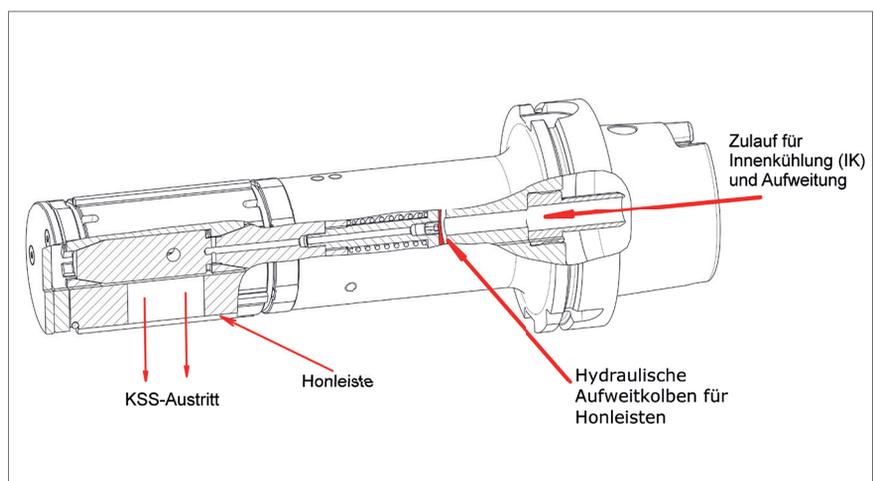


Abb. 8: Coollex- Hontechnologie – hydraulisch aufweitendes Honwerkzeug mit Innenkühlung [5]



Abb. 9: Plateau-Honbearbeitung mit Diahon coolEx-Honwerkzeug und Innenkühlung [5]

bei rundumliegenden Vollmantelwerkzeugen von großer Wichtigkeit, die Kühlmittelversorgung an den entscheidenden Wirkstellen zu sichern. Gute Kühl-, Spül- und Schmierkonzepte können oft wesentliche Prozessverbesserungen bewirken. Dazu sind je nach Bohrungsart und Länge verschiedene Nuten in den Belägen vorgesehen. Abbildung 7 zeigt ein Hülsenwerkzeug mit Innenkühlung nach neuestem Konzept.

KSS ALS DOPPELFUNKTION BEIM HONEN

Das grundlegende Wirkprinzip aller coolEx-Honwerkzeuge basiert auf der Verwendung der inneren Kühlmittelversorgung sowohl zur Kühlung/Spülung/Schmierung des Honwerkzeugs, als auch zur aktiven Aufweitung der Honleisten-Trägersegmente zur Erzeugung der notwendigen Anpresskraft für die Honbearbeitung. Ohne Zusätze ist die coolEx-Honbearbeitung ohne technische Modifikationen auf Bestandsmaschinen einsetzbar, u.U. in Kombination mit

einer Festdorn (FD)-Honbearbeitung zur Minimierung der Streuung der Vorbearbeitung. Die coolEx-Hon-technologie ist speziell geeignet zur Endbearbeitung (Plateauhonung) nach einer Xstep-Vorbearbeitung oder zum Abtrag eines definierten relativen Aufmaßes. Bei der Endbearbeitung gemäß Abbildung 9 werden Kompressorengehäuse auf einem Bearbeitungszentrum (BAZ) Heller H2000 nach dem coolEx-Konzept in Doppelfunktion gehont.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verfahrensmerkmale beim Honen wie:

Vielschneidiges Werkzeug

flächiger Materialabtrag

bohrungsfüllendes Werkzeug

große Berührungsfläche zwischen Honbelag und Werkstückbohrung

charakterisieren die Komplexität einer effizienten KSS-Versorgung der flächig angeordneten Schneidkörner der Honleisten. Die herkömmlichen Außenkühlensysteme garantieren keine definierte gleichmäßige Spülung, Kühlung und Schmierung im Bearbeitungsspalt. Die Neukonzipierung der Honwerkzeuge mit Innenkühlung bewirken eine gleichmäßigere KSS-Versorgung über die Wirkbereiche der Honleisten. Dieser Einfluss wird vor allem in der höheren Abtragsleistung und dem geringeren Honleistenverschleiß auch bei kleineren KSS-Mengen deutlich.

INFO

Ulrich Klink
iht – Innovative Hon-Technologie
Tel. +49(0)7025 2271
Mobil +49(0)172 7227894
Fax: +49(0)7025 8142
info@iht-klink.de
www.iht-klink.de

INFO

Ulrich Klink, Dipl.-Ing. Jahrgang 1945 studierte Maschinenbau an der Hochschule Reutlingen. Über 30 Jahre Erfahrung als Leiter des Technologiezentrums und Mitglied der Geschäftsleitung der Maschinenfabrik Gehring GmbH & Co. KG. Seit 2009 Geschäftsführer des Dienstleistungsunternehmens iht-Klink Innovative Hon-Technologie.

Martin Dellin, B.Sc. Jahrgang 1990 studiert an der Universität Stuttgart Maschinenbau mit Abschlussziel Master of Science in den Spezialisierungsfächern Werkzeugmaschinen und Feinwerktechnik. Seit 2014 freier Mitarbeiter des Dienstleistungsunternehmens iht-Klink Innovative Hon-Technologie.

- [1] Klink, U.: Honen, Umweltbewusst und kostengünstig Fertigen; Carl Hanser Verlag München Wien 2016, ISBN 978-3-446-44192-7
- [2] Klink, U.; Flores, G.: Honen (Jahresübersicht), VDI-Z. 121 (1979), Nr. 10, S. 543–554
- [3] Flores, G.: Grundlagen und Anwendungen des Honens, Vulkan-Verlag, Essen 1992
- [4] König, W.: Fertigungsverfahren, Band 2, Schleifen, Honen, Läppen, VDI-Verlag 1980
- [5] DIAHON Werkzeuge GmbH & Co. KG: Firmenschriftsatz: Hontechnik für Heller Maschinen, Filderstadt 2017
- [6] PWG Präzisions-Werkzeugbau Geißler GmbH: Firmeninformation 2017, Leutkirch 2017
- [7] BKW Kälte-Wärme-Versorgungstechnik GmbH: Firmeninformation 2015, Wolfschlugen 2015