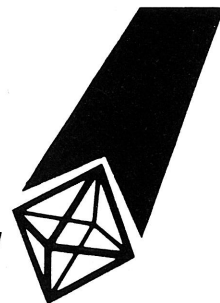


Mit freundlicher Empfehlung
überreicht durch:

LACH DIAMANT
UND CBN-WERKZEUGFABRIK



JAKOB LACH GmbH & Co. KG
Donaustraße 17-19 · Postfach 1819 · D-6450 Hanau 1
Telefon (0 61 81) 103-01 · Telex 4184 836 · Telefax (0 61 81) 103 60

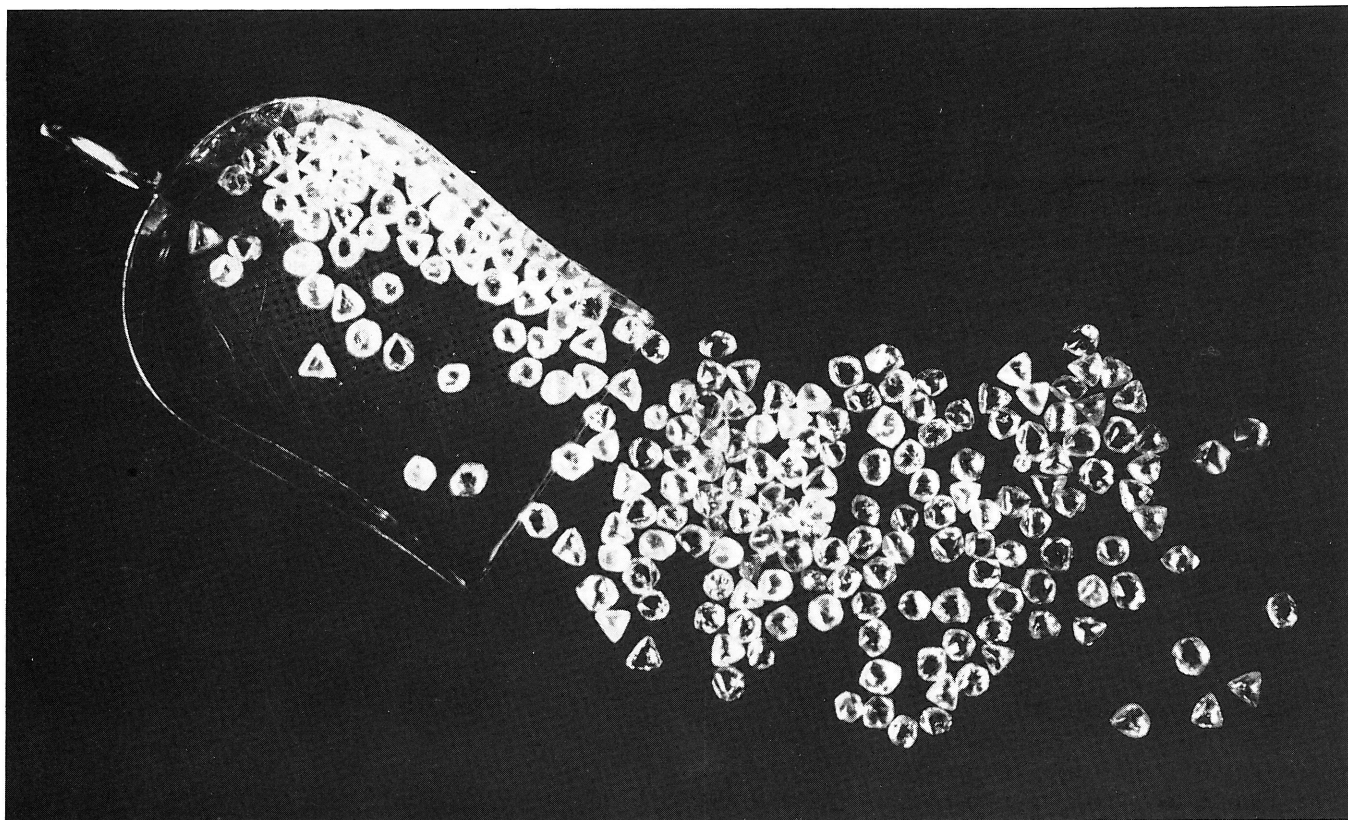
Horst Lach

Diamant-Werkzeuge rationalisieren

Aus der Pionierzeit eines Diamant-Werkzeug-Herstellers



Sonderdruck aus **NC** September 1985
PRAXIS
verlag moderne industrie, Landsberg



Horst Lach

Diamant-Werkzeuge rationalisieren

Aus der Pionierzeit eines Diamant-Werkzeug-Herstellers

Mit der Entwicklung synthetischer Diamanten hat die Werkzeugtechnik einen entscheidenden Schritt nach vorn getan, was die Bearbeitung von Nichteisen-Metallen angeht. Und immer noch sind die Möglichkeiten, die diesem Schneidstoff innewoh-

nen, noch lange nicht ausgeschöpft. Einer, der es wissen muß – als Pionier der ersten Stunde – zeigt anhand einiger Beispiele, was bereits machbar ist und was sich als machbar abzeichnet. Wie es scheint, steckt aber in diesem Bereich noch viel drin.

Die industrielle Revolution unserer Neuzeit – die Abkehr vom Handwerk zur Serienfertigung, das »Modell T« der Automobilgeschichte – fordert mehr und mehr wiederholgenaue Präzision, wie sie nur ein Werkstoff, der härteste von allen, der Diamant, geben kann.

Diamanten zu besitzen bedeutet strategische Macht. Dies erkannten vor allem die Großmächte. Der Wettlauf, sich von den Quellen des Naturproduktes Diamant unabhängig zu machen, begann.

1957 gelang General Electric mit einem hochkarätigen Entwicklungsteam der Durchbruch. Der erste man-made-Diamond stand der Industrie für die Serienanwendung zur Verfügung.

Zwar noch zu Beginn in der Größe von

wenigen My (maximal 150 μ) eröffnete der »man-made-Diamond« doch die Möglichkeit zur Entwicklung und Herstellung neuartiger Diamant-Schleifscheiben in Metall- und Kunststoff-Bindungen. Den Natur-Diamantschneiden bleiben bis heute nur Randgebiete der Zerspanung vorbehalten. Zum Beispiel das Glanzüberdrehen dekorativer Gold- oder Silberteile in der Schmuckindustrie. Oder zum Beispiel der aus optischen Gründen erforderliche Gebrauch von geschliffenen Natur-Diamantschneiden beim Überdrehen von Kontaktlinsen.

1973 – der man-made-Diamond war gerade 15 Jahre jung geworden – offerierte wiederum als erster General Electric der Diamant-Werkzeug-herstellenden Indu-

strie eine Neuentwicklung: den sogenannten polykristallinen synthetischen Diamanten unter dem General Electric-Warenzeichen »compax«, ein Gemenge kleinster, synthetischer Diamant-Körner, die in einem Prozeß ähnlich der Diamant-Synthese auf eine Hartmetallplatte als Trägerkörper zu einem schneidfähigen, polykristallinen Diamantkörper verschweißt werden.

Lach-Diamant, in Hanau seit 1922 Hersteller von Diamant-Werkzeugen, übernahm von Beginn an weltweit die innovative Führung in Entwicklung und Anwendung polykristalliner Diamant-Werkzeuge. Heute ist er Europas größter Verarbeiter polykristalliner Schneidmaterialien. Auf der Internationalen



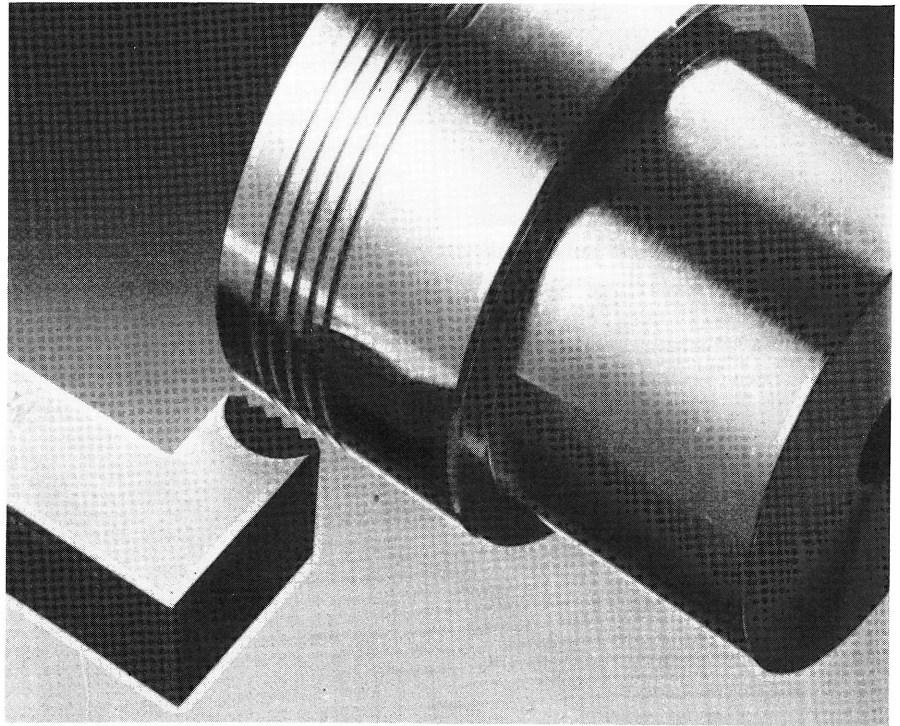
Leichtmetallfelgen sind ein auffälliges Beispiel für den Einsatz von Diamantschneiden. Schnelle Bearbeitung und hohe Oberflächengüte sind der Beweis.

Hannover Messe 1973 zeigte Lach Diamant erstmals auf einer handelsüblichen Drehmaschine das Zerspanen von Aluminium, Messing, Kupfer – und diverser Kunststoffe – mit polykristallinen Diamant-Drehwerkzeugen. Für jedermann war der bahnbrechende Unterschied zwischen Natur- und synthetischen Diamanten sichtbar.

Diamanten für das Drehen mit hoher Zustellung

Das Zerspanen mit Diamanten war bei Anwendung des polykristallinen Diamanten nicht mehr auf einen Zerspanquerschnitt von wenigen 100stel Millimeter, wie bei Naturdiamant, beschränkt. Bereits bei den ersten zur Verfügung stehenden polykristallinen Diamantschneiden von 3,6 mm Kantenlänge konnte die gesamte Schneidenbreite voll in das Material eintauchen. Heute stehen polykristalline Diamanten mit einer nutzbaren Schenkellänge bis zu 32 mm zur Verfügung. Die dabei erzielte Oberflächengüte am überdrehten Werkstück entsprach dabei bereits bester »Hartmetall-Drehqualität«. Drehen mit oder ohne unterbrochenem Schnitt am Werkstück, bereitet der polykristallinen Diamantschneide heute keine Probleme mehr.

Lehrbuchweisheiten, wie Naturdiamant sei nur für das Drehen mit sehr hoher Schnittgeschwindigkeit geeignet,



Formstähle aus synthetischem Diamant lösen manches Bearbeitungsproblem.

konnten durch die Demonstration der polykristallinen Diamantschneiden über Bord geworfen werden.

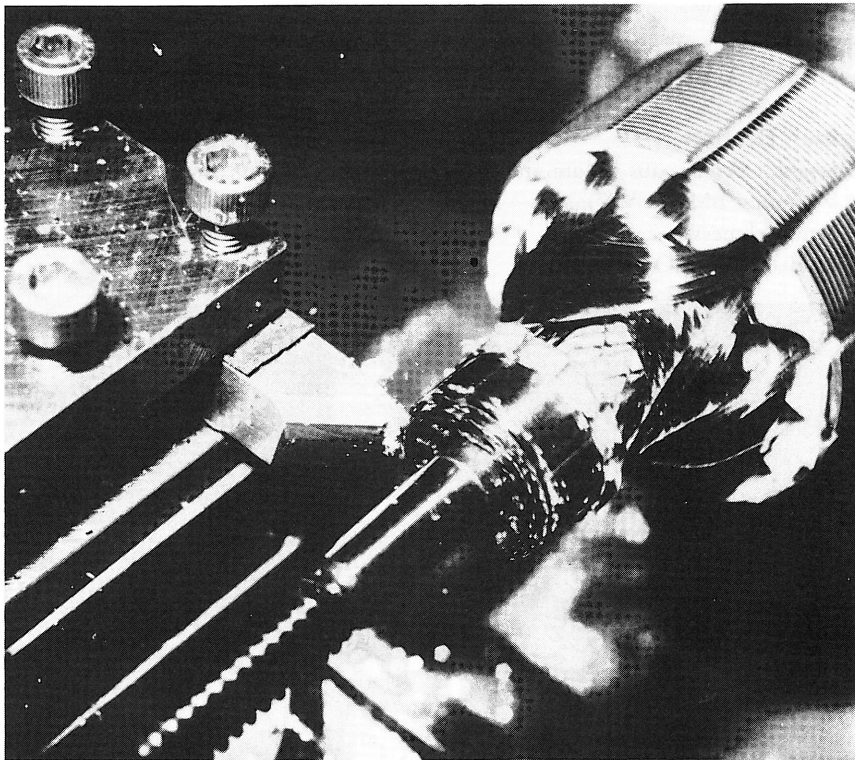
Die Hanauer machten von Anfang an deutlich, daß der polykristalline Diamant nicht etwa ein Luxus-Schneidstoff ist, den sich einige Wenige in der Industrie werden leisten können. Im Gegensatz etwa zur Schneidkeramik, deren Verwendung

die Anschaffung besonders stabiler – schwingungsfreier – Maschinen verlangt, kann polykristalliner Diamant auf allen bekannten (alten und neuen) Drehmaschinen eingesetzt werden – vorausgesetzt selbstverständlich, daß diese Maschinen den Ansprüchen der vom Diamant erwarteten Präzision genügen.

Aus der langjährigen Erfahrung in der Herstellung und Anwendung von Naturdiamanten für das Überdrehen von Kupfer-Kollektoren in der Elektroindustrie, konnte bereits Mitte des Jahres 1973 starker Einfluß auf die Einführung der polykristallinen Diamant-Schneide in dieser Industrie genommen werden. Doch damit nicht genug. Erste neue Anwendungsmöglichkeiten für die polykristalline Diamant-Schneide wurden erschlossen. Der bisherige Schneidstoff »Hartmetall« wurde so nach ersten Testversuchen beim Überdrehen von Roh-Kollektoren abgelöst. Hier zeigte sich schnell, daß mit einer polykristallinen Diamant-Schneide auf Antrieb eine bis zu mehrhundertfache Standzeit gegenüber dem bisher eingesetzten Hartmetall-Werkzeug erzielt wer-

den kann, und das rechnerisch kalkulierbar und reproduzierbar.

Oder als anderes Beispiel: Überdrehen der hochsiliziumhaltigen Aluminium-Halbschalen (stark unterbrochener Schnitt) eines Bremsenherstellers. Trotz einer Schnittgeschwindigkeit von anfangs nur 35 m pro Minute konnte die Wirtschaftlichkeit der polykristallinen Dia-



Drehen von Kollektoren mit Diamant

Kollektor-Typ: Luftschlitzkollektoren 18/25 und 28 mm Durchmesser

Werkzeug:

polykristalline Diamant-Drehwerkzeuge mit einer Spezial-Schneidengeometrie, um an diesen Kollektoren bestimmte Rauhtiefen-Werte zu erreichen:

- a) geforderter Rz-Wert = 3 – 7 μ
erreichter Rz-Wert = 3 – 4 μ
- b) geforderter Lamellensprung = kleiner 1 μ
erreichter Lamellensprung = 1 μ

Besonderer Hinweis:

Die erreichte Zahl der überdrehten Kollektoren betrug durchschnittlich 55 000 Stück.

Kollektortyp: Luftschlitz-Kollektoren 25 mm Durchmesser mit schräggestellter Diamantschneide (schälen)

Maschinendaten: Vorschub: $s = 0,04 - 0,06$ mm/U

Spantiefe: vordrehen: $a = 0,05$ mm

Spantiefe: fertigdrehen: $a = 0,05$ mm

Schnittgeschwindigkeit: $v = 600$ m/min

Rz = 0,64 μ erreicht

Besonderer Hinweis:

Die überdrehte Zahl der Kollektoren betrug durchschnittlich 60 000 Stück. Durch das Schrägstellen der Diamantschneide können die Kollektoren völlig gratfrei gedreht werden. Das vom Drehen mit Hartmetall bisher bekannte Nacharbeiten durch Bürsten ist nicht mehr erforderlich.

Plandrehen von Werkstücken aus Epoxydharz mit hohem Glasfaseranteil: polykristalliner Diamant-Plandrehstahl, Diamant-Schneidenlänge ca. 8,0 mm Werkstückdurchmesser minimal 200 mm – maximal 300 mm auf Planfläche 12 Bohrungen mit je 15 mm Durchmesser (stark unterbrochener Schnitt)

1. Einsatz: Spantiefe: $a = 3,5$ mm; Vorschub: $s = 0,5$ mm/Z; Drehzahl: $n = 262$ U/min

Schnittgeschwindigkeit: $v_{\min} = 174$ m/min; $v_{\max} = 262$ m/min

gemessene Temperatur an Diamantschneide 75 °C

2. Einsatz: Spantiefe: $a = 3,5$ mm; Vorschub: $s = 0,5$ mm/U; Drehzahl: $n = 435$ U/min

Schnittgeschwindigkeit: $v_{\min} = 290$ m/min; $v_{\max} = 435$ m/min

gemessene Temperatur an Diamantschneide 111 °C

3. Einsatz: Spantiefe: $a = 3,5$ mm; Vorschub: $s = 0,5$ mm/U

Drehzahl: $n = 560$ U/min

Schnittgeschwindigkeit: $v_{\min} = 340$ m/min; $v_{\max} = 560$ m/min

gemessene Temperatur an Diamantschneide 130 °C

Besonderer Hinweis:

Bei diesem Werkstoff war polykristalliner Diamant die einzige Alternative. Das versuchsweise eingesetzte Hartmetall war bereits nach 20 mm Drehlänge unbrauchbar abgestumpft.

mant-Schneide auf Anrieb festgestellt werden.

Diamant-Schneiden auch fürs Fräsen

Nach der Vorstellung dieses neuen Schneidenwerkstoffes wurde sehr schnell klar, welche umwälzenden Perspektiven dieses Material der Industrie eröffnet. Bereits zur Hannover-Messe 1974 zeigte Lach Diamant auf einer einfachen Universalfräsmaschine das Fräsen (ohne Kühlmittel!) von Aluminium, Duroplasten, Glasfasermaterialien, Acrylglas und von Elektrographitkohlen. Der erste Schritt in die heute in die Tat umgesetzte Entwicklung der Automobilindustrie, wie zum Beispiel die breite Einführung des Aluminiummotors und des Einzuges des Materials Kunststoff in diese und andere Industrien war damit wiederum von den Hanauern getan.

Jeder Tag brachte in diesen »Gründern« Aufgaben, Lösungen – und zufriedene Kunden. Jede Innovation war gleichzusetzen mit einer Entdeckung und erschloß gleichzeitig neue Anwendungen und Kundenkreise. Beispiele dafür sind der Einsatz von polykristallinen Diamanten in der Kolben-Industrie (Bearbeiten hochsiliziumhaltiger Aluminiumteile bei Firmen wie Mahle und Kolbenschmidt). Oder das Drehen und Fräsen von Glasfaser-Werkstoffen in der Sportartikel-, Bootsbau-, Fahrzeug- und Flugzeugindustrie (zum Beispiel bei MBB).

Polykristalline Diamant-Säge

1977 auf der Productronica (München) wurde erstmals das Trennen von kupferbeschichteten Leiterplattenmaterialien (Glasfaser) mit einer polykristallinen Diamant-Säge gezeigt. Eine Entwicklung, die heute auch für den amerikanischen Markt expansiv vorangetrieben wird. Für den Verfasser dieses Artikels war diese erste Erfahrung mit polykristallinen Diamant-Sägen gleichzeitig Auslöser zur Idee, dem polykristallinen Diamant-Werkzeug einen ganz neuen Industriezweig zu erschließen: die Holz- und Kunststoffverarbeitende Industrie. Dies wurde inzwischen, ebenfalls mit weltweitem Erfolg, wahrgemacht.

Selbst heute scheint es, als wäre längst noch nicht das gesamte Potential der Einsatzmöglichkeiten polykristalliner Diamanten erschöpft. Zum einen, weil die heutige hohe Fertigungstechnologie eines Herstellers (wie Lach-Diamant) nicht richtig bekannt ist, zum anderen, weil die vielen »schlummernden« Anwendungsmöglichkeiten für polykristalline Dia-

mant-Werkzeuge aus der Meinung heraus, »keine Probleme zu haben«, ganz einfach noch nicht entdeckt werden konnten.

In den fast 13 Jahren zurückliegender Erfahrung im Umgang mit polykristallinen Diamant-Schneidwerkstoffen wurden in Hanau jedoch nicht nur Werkzeuge zum Drehen, Fräsen und Sägen entwickelt. Für die verschiedensten Materialien ist der allen anderen Schneidwerkstoffen überlegene polykristalline Diamant im Einsatz.

So zum Beispiel wurden Diamant-Bohrer entwickelt (vom einfachen Bohrer mit Stirn- und Umfangsschneide bis hin zum Stufenwerkzeug und zum Minidrill von 0,8 mm Durchmesser für die Elektronikindustrie), Diamant-Senker (zum Beispiel für das Versenken von Schrauben in der Flugzeugindustrie), Diamant-Reibahlen (zum Beispiel für die Fertigung der Führungsbohrung in Aluminiumkolben), Diamant-Hobel (zum Beispiel bei der Fertigung von Schieß in der Sportartikelindustrie), Diamant-Meißleisten (zum Beispiel eingebaut in Maschinenstraßen).

Dazu entwickelte Lach-Diamant eigene Diamant-Bearbeitungsverfahren und Diamant-Bearbeitungsmaschinen. Mit ihnen und ihren Techniken ist zum Beispiel auch die Anfertigung kundenbezogener Diamant-Profilschneiden möglich, die wiederum zum Drehen oder auch zum Fräsen von (unter anderem) Aluminium eingesetzt werden können.

Die heutige Entwicklung der polykristallinen Diamantschneide mit einer maximalen Größen von 32 mm darf zum Beispiel durch den Hersteller General Electric mit Sicherheit noch nicht von der erreichbaren Maximalgröße her als abgeschlossen betrachtet werden. Diamant-Schneidenbreiten von 50 mm und mehr sind nach heutigem Stand der Preßtechnik machbar.

Die Hanauer haben dazu auch für die Herstellung von Diamant-Fräs-Werkzeugen (auch Profilfräsern) Techniken entwickelt, die die Herstellung mit einer Breite von zum Beispiel 350 mm bereits mit den zur Verfügung stehenden polykristallinen Diamantschneiden gestattet.

Beispiele aus der Praxis

Nachstehende Beispiele aus der Praxis zeigen, daß sich das polykristalline Diamant-Werkzeug in der Automobil- und Elektro-Industrie einen nicht mehr wegzudenkenden Platz erobert hat. Die wiedergegebenen Einsatzbedingungen und Schnittwerte entsprechen dem jeweiligen Einsatzfall und sind teils maschinenbezo-

gen. Der Ersteinsatz von polykristallinen Diamant-Werkzeugen sollte daher mit dem Diamant-Werkzeughersteller abgestimmt werden, um optimale Ergebnisse zu erhalten.

Felgen Drehen

Automobil-Felgen aus Aluminium für Pkw (Audi – BMW – VW):

Felgendurchmesser: ca. 415 mm

Diamant-Platte: ISO-Type

VBMA 160 810

Diamantlänge: ca. 6,0 mm

Maschine: NC-gesteuerte Drehmaschine,

Fabrikat Gildemeister

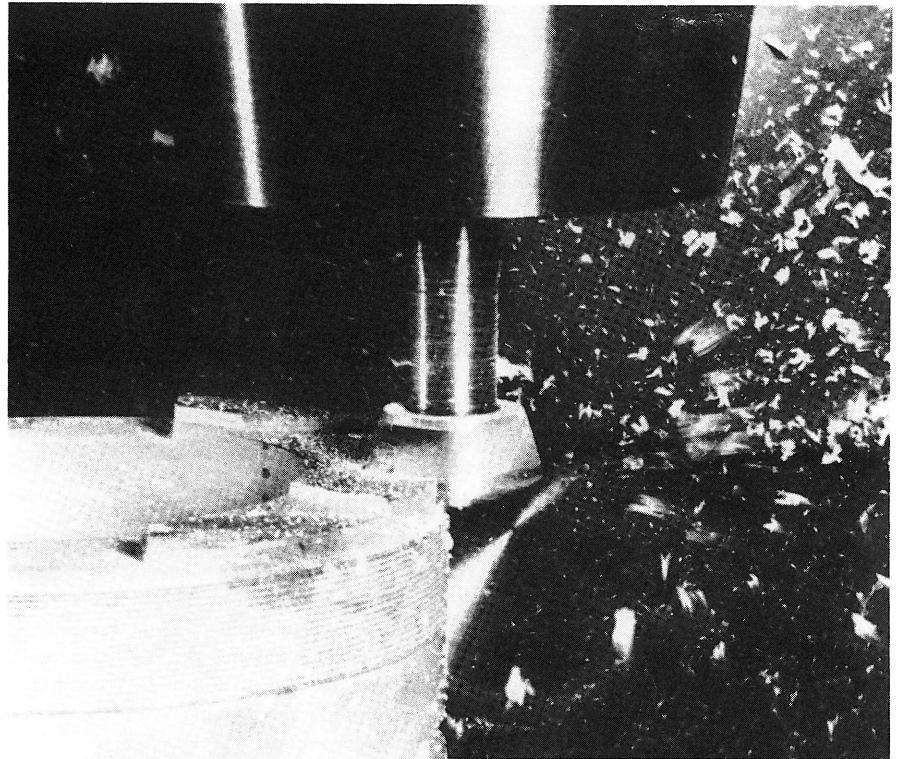
Maschinenparameter:

Vordrehen: Spantiefe: $a = 0,4$ mm

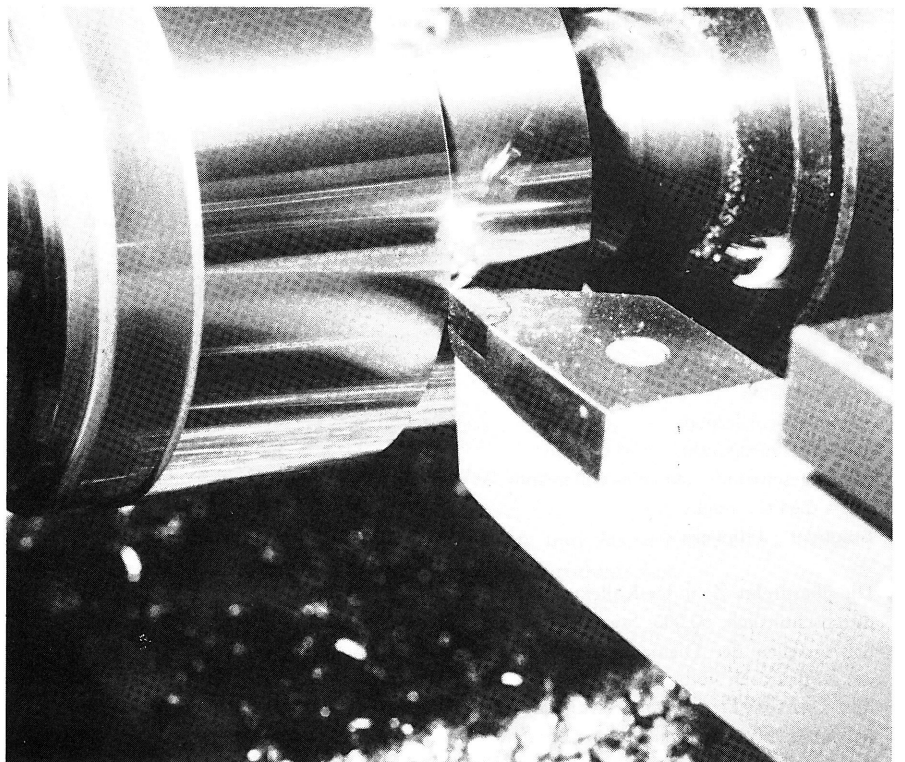
Fertigdrehen: Spantiefe: $a = 0,08$

Vorschub: $s = 0,2$ mm U

Schnittgeschwindigkeit: $v = 2\,600$ m/min
am äußeren Felgendurchmesser von 415 mm



Aluminiumteile lassen sich mit Diamantschneiden wirtschaftlich fräsen.



Konventionelle Meißelformen beim Drehen sind ebenso möglich, wie jede beliebige Form.

Drehzahl: $n = 2\,000\text{ U/min}$

Besonderer Hinweis:

Trotz des stark unterbrochenen Schnittes wird eine dekorativ sehr anspruchsvolle Spiegelglanzoberfläche erzielt.

Werkstück Getriebegehäuse

Werkstoff: GD Al Si12 Cu

Folgende Arbeitsgänge werden mit polykristallinen Diamant-Dreh-, Fräs- und Reibwerkzeugen durchgeführt:

- a) Pumpenfläche drehen (2 polykristalline Diamant-Plandrehwerkzeuge)
- b) Pumpenzentrierung drehen (2 polykristalline Diamant-Drehmeißel)
- c) Bremsfläche drehen (2 polykristalline Diamant-Drehmeißel)
- d) Freilauf-Außenring drehen (2 polykristalline Diamant-Drehmeißel)
- e) Kolbenbohrung drehen (3 polykristalline Diamant-Drehmeißel)
- f) Fläche Ölwanne/Kanalplatte fräsen (1 Planmesserkopf mit 4 polykristallinen Diamant-Planfasenfräschneidplatten)
- g) Kolbenbohrung drehen (2 polykristalline Diamant-Drehmeißel)
- h) Führungsbohrung für Kolben reiben (1 Reibahle mit polykristallinem Diamant-Einsatz)

Besonderer Hinweis:

Bei sämtlichen Arbeitsgängen sind die gemessenen Oberflächengüten besser als $R_t\,6\,\mu$ und damit zufriedenstellend. Neu bei der Beispielaufzählung ist die Verwendung von polykristallinen Diamant-Reibahlen. Beim Bearbeitungsgang h) wurde die bisher eingesetzte Hartmetall-Reibahle (System-Reibahle mit auswechselbarem Hartmetall-Einsatz) durch polykristallinen Diamant ersetzt.

Mit Hartmetall konnten durchschnittlich 1 200 Werkstücke bearbeitet werden, mit der auf den Wechseleinsatz gelöteten polykristallinen Diamant-Schneide mehr als 70 000 Werkstücke. Die Länge der Bohrung bei diesem Beispiel ist ca. 120 mm, Bohrungs-Enddurchmesser 31 mm.

Maschinenbedingungen:

Spantiefe: $a = 0,25\text{ mm}$, Vorschub: $s = 0,1\text{ mm/U}$,

Schnittgeschwindigkeit: $v = 200\text{ m/min}$, geforderte Oberflächengüte war $R_t\,10\,\mu$, erreicht wurden $R_t\,2 - 3\,\mu$.

Werkstück Vorderachsgehäuse

Werkstoff: GD Al Si12 Cu

Folgende Arbeitsgänge werden mit polykristallinen Diamant-Dreh-, Fräs-, Reib- und Gewinde-Werkzeugen durchgeführt. Alle Oberflächenwerte liegen unter $R_t\,6\,\mu$ und sind damit ausreichend.

- a) Reglerbohrung drehen (4 polykristalli-

ne Diamant-Drehmeißel)

- b) Reglerbohrung reiben (1 Reibahle mit 4 polykristallinen Diamant-Einsätzen)

- c) Motorflansch drehen (2 polykristalline Diamant-Plandreh-Werkzeuge)

- d) Triebblingsbohrung drehen (1 polykristalliner Diamant-Drehmeißel)

- e) Triebblingsdeckfläche drehen (1 polykristallines Diamant-Plandrehwerkzeug)

- f) Fläche Getriebegehäuse drehen (2 polykristalline Diamant-Plandrehwerkzeuge)

- g) Achsabtriebsbohrung drehen (2 polykristalline Diamant-Drehmeißel)

- h) Achsabtriebsbohrung Gewindeschneiden (1 polykristallines Diamant-Gewindedrehwerkzeug)

- i) Anschlußflanschdurchmesser Getriebegehäuse drehen (1 polykristallines Diamant-Plandrehwerkzeug)

Besonderer Hinweis:

Bei sämtlichen Arbeitsgängen sind die gemessenen Oberflächengüten besser als $R_t\,6\,\mu$ und damit zufriedenstellend. Neu bei dieser Beispielaufzählung ist die Verwendung von polykristallinen Diamant-Gewindewerkzeugen. Beim Bearbeitungsgang h) wurde der bisher eingesetzte Hartmetall-Gewindedrehstrahl erfolgreich durch polykristalline Diamanten ersetzt. Bearbeitet wird ein metrisches Gewinde $M\,92 \times 1,5\text{ mm}$ Vergleich Hartmetall zu Diamant: max. 1 000 Werkstücke zu mind. 50 000. ○

Werkstück Zylinderkopf

Werkstoff: AlSi6 Cu4

- a) Brennraumseite und Deckelseite Schrump-Fräsen:

Werkzeug: Planmesserkopf 200 mm Durchmesser

Zähnezahl: 8

polykristalline Diamant-Planfräschneidplatten

Drehzahl: $n = 1\,250\text{ U/min}$

Schnittgeschwindigkeit: $v = 785\text{ mm/min}$

Zahnvorschub: $f_z = 0,18\text{ mm}$

Vorschub: $f = 0,9\text{ mm/U}$ oder $1\,440\text{ mm/min}$

Schnitttiefe: $a = 2 - 3\text{ mm}$.

- b) Brennraumseite und Deckelseite Schlicht-Fräsen:

Werkzeug:

Planmesserkopf 200 mm Durchmesser

Zähnezahl: 8

polykristalline Diamant-Planfasenfräschneidplatten

Drehzahl: $n = 1\,450\text{ mm U/min}$

Schnittgeschwindigkeit: $v = 911\text{ m/min}$

Zahnvorschub: $f_z = 0,12\text{ mm}$

Vorschub: $f = 0,10\text{ mm/U}$ oder $1\,450\text{ mm/min}$

Schnitttiefe: $a = 0,5\text{ mm}$

- c) Einlaßseite Schrump-Fräsen:

Werkzeug:

Planmesserkopf 160 mm Durchmesser

Zähnezahl: 6

polykristalline Diamant-Planfasenfräschneidplatten

Drehzahl: $n = 1\,600\text{ U/min}$

Schnittgeschwindigkeit: $v = 804\text{ mm/min}$

Zahnvorschub: $f_z = 0,15\text{ mm}$

Vorschub: $f = 0,9\text{ mm/U}$ oder $1\,440\text{ mm/min}$

Schnitttiefe: $a = 2 - 3\text{ mm}$

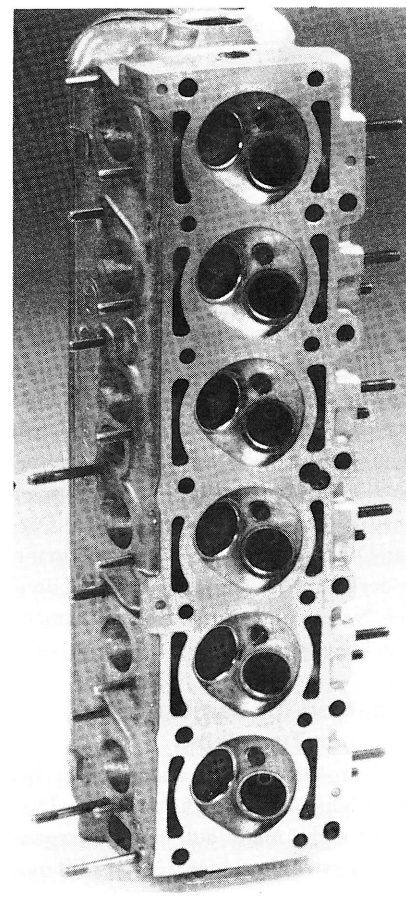
- d) Nockenwellenbohrung drehen:

Werkzeug: polykristalliner Diamant-Drehmeißel

Drehzahl: $n = 2\,500\text{ U/min}$

Schnittgeschwindigkeit: $v = 300 - 400\text{ m/min}$

Vorschub: $f = 0,06\text{ mm/u}$ oder 150 mm/



min

Schnitttiefe: $a = ,5\text{ mm}$

- e) Ventilsitzfläche drehen:

Werkzeug: polykristalliner Bornitrid-Drehmeißel

Drehzahl: $n = 560\text{ U/min}$

Schnittgeschwindigkeit: $v = 55 - 70\text{ m/min}$

Vorschub: $f = 0,09\text{ mm/U}$ oder 50 mm/min

Schnitttiefe: $a = 0,2 - 0,3\text{ mm}$

Besonderer Hinweis:

Das Überdrehen der Ventilsitzfläche aus legiertem Stahl wurde von Lach-Diamant durch den Einsatz polykristalliner Bornitrid-Schneiden gelöst. Diamant kann für die Stahlbearbeitung nicht herangezogen werden.

