

Rationelle Fertigung auf Innenrundsleifmaschinen

Dr.-Ing. W. BAHMANN, KDT

Kombinatbetrieb VEB Berliner Werkzeugmaschinenfabrik im VEB Werkzeugmaschinenkombinat „7. Oktober“, Berlin

DK 621.924.57

Bezeichnungen

b	mm	Sleifbreite
F_y	kp	Normalkraft (Radialkraft)
F'_y	kp/mm	spezifische Radialkraft
F_z	kp	Tangentalkraft
F'_z	kp/mm	spezifische Tangentalkraft
h	mm	Spantiefe
N_{sp}	kW	Antriebsleistung
$[N_{sp}]_z$	kW	zum Spanen benötigte Leistung
$[N_{sp}]_v$	kW	Verlustleistung durch Reibkräfte
n_{sp}	U/min	Sleifspindeldrehzahl
n_w	U/min	Werkstückspindeldrehzahl
v_w	m/s	Werkstückumfangsgeschwindigkeit
q	—	Geschwindigkeitsverhältnis
v_e	mm/min	Einstech-Zustellgeschwindigkeit
v_s	m/s	Sleifkörperumfangsgeschwindigkeit
z'	mm ³ /mm · s	spezifische Zerspanleistung

0. Einleitung

Im Verfahrensgebiet Schleifen haben sich in den letzten Jahren erhebliche Steigerungen der Produktivität, Einsatzbreite und der dabei erzielten Präzision der gefertigten Werkstücke ergeben. Die wesentlichsten Ursachen dafür sind die Anwendung des Hochgeschwindigkeitsschleifens und die bessere Anpassung der Maschinen an einen optimalen Verlauf des Fertigungsprozesses.

Beim Innenrundsleifen gibt es, durch die geometrischen Beziehungen zwischen Werkstück und Schleifkörper bedingt, einschränkende Bedingungen bei dieser Optimierung. Wie trotzdem erhebliche Produktivitätssteigerungen erreicht werden, soll in diesem Beitrag beschrieben werden.

Eine wesentliche Rolle spielt dabei die Erhöhung des Integrationsgrads der Schleifbearbeitung unter Beachtung einer weitgehenden zeitlichen Parallelität der Fertigungsoperationen. Dieser Beitrag soll gleichzeitig eine Information über den Stand der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im VEB Berliner Werkzeugmaschinenfabrik sein.

1. Entwicklung der Schleiftechnologie unter den Besonderheiten des Innenrundsleifens

1.1. Entwicklung der Schleifkörperumfangsgeschwindigkeit v_s

Beim Wälzlagerschleifen hat sich in den letzten 2 bis 3 Jahren der Übergang zu Geschwindigkeiten von $v_s = 60$ m/s nahezu generell vollzogen.

Dies ging einher mit der Entwicklung entsprechender Schleifkörper und leistungsstärkerer Schleifspindeln. Die Gesetzmäßigkeiten sollen kurz erläutert werden:

In seinen Untersuchungen beim Außenrund-Einstechschleifen (Bild 1) hat Gühring gezeigt, daß die Radialkraft F_y mit steigender Geschwindigkeit v_s abnimmt, unter der Bedingung einer konstanten spezifischen Zerspanleistung z' [1].

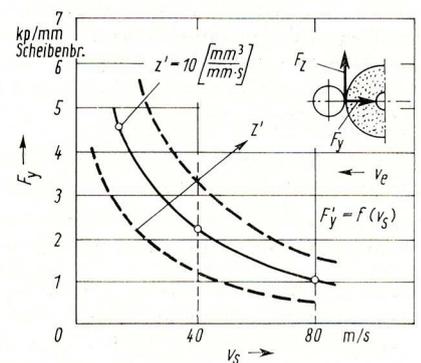
Daraus kann abgeleitet werden, daß bei konstanter Radialkraft F_y und höherer Schleifgeschwindigkeit v_s eine wesentlich größere spezifische Zerspanleistung z' ermöglicht wird, d. h., die Einstechzustellgeschwindigkeit v_e in mm/min kann erheblich erhöht und damit die Schleifzeit zum Abtragen eines gleichen Schleifaufmaßes verkürzt werden.

Ein Konstanthalten der Radialkraft F_y ist deshalb beim Innenrundsleifen sehr wichtig, weil sonst nicht nur die Reibkräfte beim Zerspanvorgang ungünstig verändert werden, sondern F_y die Größe der Abbiegung des Schleifdorns bewirkt und damit auf die Fehlergeometrie am geschliffenen Werkstück in 1. Ordnung einen erheblichen Einfluß hat.

Gühring hat nachgewiesen, daß sich die mittlere Rauhtiefe R_a mit steigender Geschwindigkeit v_s erheblich verbessert [1]. Bei einer Steigerung der Schleifgeschwindigkeit v_s von 40 auf 80 m/s betrug R_a nur noch etwa 2/3 des Ausgangswerts bei gleicher spezifischer Zerspanleistung z' .

Im Bild 2 ist der Einfluß der Geschwindigkeit v_s auf das Verhältnis der spezifischen Radialkraft F'_y zur spezifischen Tangentalkraft F'_z beim Außenrund-Einstechschleifen gezeigt [1].

Die gleiche Tendenz wurde durch eigene Versuche beim Innenrundeinstechschleifen bestätigt. So betrug bei einem Werkstückdurchmesser $d_w = 123$ mm und $v_s = 37$ m/s dieses Verhältnis = 2 und wuchs beim Übergang auf $v_s = 60$ m/s auf 2,6 an.



1 Spezifische Normalkraft F'_y als Funktion der Schleifgeschwindigkeit v_s nach Gühring [1]

F_y Normalkraft (Radialkraft) in kp
 F'_y Normalkraft, bezogen auf 1 mm Scheibenbreite in kp/mm
 F_z Tangentalkraft in kp, F'_z in kp/mm
 z' spezifische Zerspanleistung

$$\frac{v_e d_w \pi}{60} \text{ in mm}^3/\text{mm} \cdot \text{s}$$

v_e Einstech-Zustellgeschwindigkeit in mm/min
 d_w Werkstückdurchmesser in mm

Beim Hochleistungs-Innenrundscheifen, besonders beim Wälz-lagerschleifen, werden z. Z. bei Drehzahlen $n_{sp} > 15\,000$ U/min meist Elektroschleifspindeln verwendet, deren Antriebsmotor aus einem auf der Schleifspindelachse sitzenden Mittelfrequenzmotor besteht. Spindeln mit hohen Antriebsleistungen haben in der Regel nur eine, höchstens zwei feste Drehzahlen. Da die Umfangsgeschwindigkeit in den Hochpräzisionswälzlagern der Spindellagerung einen bestimmten Grenzwert wegen des Lagerverschleißes nicht überschreiten kann, sind die Motorabmessungen geometrisch begrenzt. Deshalb weisen Spindeln mit höherer Drehzahl wesentlich geringere Antriebsleistungen auf.

Eine Steigerung der Schleifkörperumfangsgeschwindigkeit v_s kann aber beim Innenrundscheifen nur über die Erhöhung der Drehzahl des Schleifkörpers realisiert werden, da die Geometrie des Werkstücks und der Platzbedarf der meist benötigten Meßsteuertaster den Ausgangsdurchmesser des Schleifkörpers von vornherein festlegen.

Die Antriebsleistung N_{sp} in kW der Schleifspindel setzt sich zusammen aus:

$$N_{sp} = [N_{sp}]_z + [N_{sp}]_v \text{ in kW} \quad (1)$$

dabei ist die zum Spanen benötigte Leistung:

$$[N_{sp}]_z = F'_z b v_s (1/102) \text{ in kW} \quad (2)$$

und

$[N_{sp}]_v$ die Verlustleistung der Spindel durch Reibkräfte und beeinflusst durch F_y

b Schleifbreite in mm.

Im Bild 3 ist für $z' = \text{konst.}$ und ein $F'_y = 0,5$ kp/mm bei $v_s = 80$ m/s die Leistung N_{sp} als Funktion von v_s aufgetragen. Gleichzeitig ist im Diagramm die Antriebsleistung N_{sp} als Funktion der Drehzahlen n_{sp} für die Schleifspindelreihe GP eines international führenden Herstellers von Schleifspindeln aufgetragen. Die Maßstabrelationen zwischen Drehzahl und Schleifgeschwindigkeit sind bezogen auf einen Schleifkörperdmm. = 25 mm.

Die beiden Kurven zeigen, daß der Leistungsverlust durch Wechseln der Schleifspindeln beim Übergang von $v_s = 60$ m/s auf 80 m/s größer ist als der Rückgang der zum Spanen benötigten Leistung.

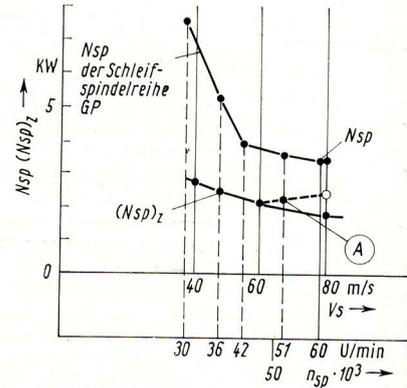
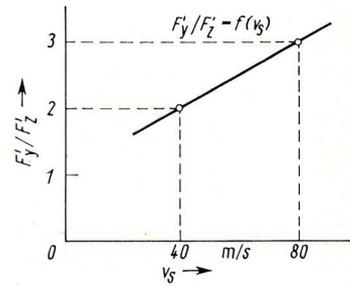
Um die Radialkraft F'_y konstant zu halten, müßte unter Vernachlässigung der Verlustleistung $[N_{sp}]_v$ und der geringeren Spindelsteife bei einer Spindel höherer Drehzahl die Antriebsleistung N_{sp} bei $v_s = 80$ m/s sogar höher liegen als bei 60 m/s (Linie A im Diagramm Bild 3).

Eine Verkürzung der Schleifzeit durch Erhöhung von $v_s > 60$ m/s ist also beim Innenschleifen nur möglich, wenn gleichzeitig die Leistungen der Schleifspindeln, deren Spindelsteifen und die Steife der Schleifdorne erhöht werden.

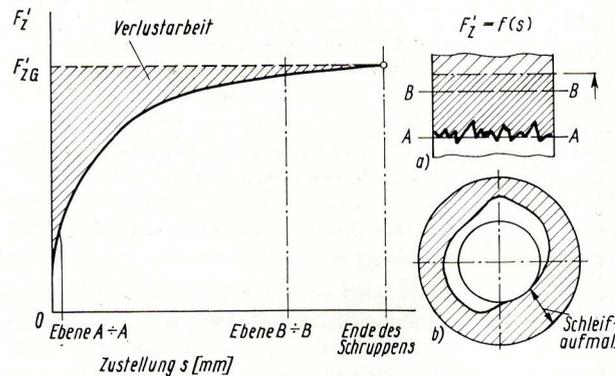
Da Innenschleifkörper, besonders bei kleinen Durchmessern, nicht ausgewuchtet werden können, müssen diese für höheres v_s ein gleichmäßigeres Gefüge und damit eine geringere Lieferunwucht ausweisen. So sind die vor mehreren Jahren verstärkt eingeführten geschwefelten Schleifkörper durch die nicht gleichmäßige Verteilung des Schwefels aufgrund hoher Restunwuchten bei $v_s = 80$ m/s nur bedingt einsetzbar.

Ein höherer Druck, etwa 3 kp/cm², und eine Zufuhr des Kühlschmiermittels an mehreren Stellen ist dabei unerlässlich [2]. Ein erhöhter Vorteil entsteht durch eine Verringerung der Abstumpfung des Schleifkörpers in der Zeiteinheit. Muß bei $v_s = 50$ bis 60 m/s noch zwischen Schruppen und Schlichten abgerichtet werden, um eine qualitativ gute Rauhtiefe zu er-

2 Kraftverhältnis F'_y/F'_z als Funktion der Schleifgeschwindigkeit nach Gühring [1]



3 Antriebsleistung N_{sp} und die zum Spanen benötigte Leistung $[N_{sp}]_z$ als Funktion der Schleifgeschwindigkeit v_s und der Schleifspindeldrehzahl n_{sp}
 $N_{sp}, [N_{sp}]_z = f(v_s, n_{sp}); z' = \text{konst.} = 10 \text{ mm}^3/\text{mm} \cdot \text{s};$
 $F'_y = 0,5 \text{ kp/mm}$ bei $v_s = 80$ m/s; Schleifkörper $\varnothing = 25$ mm



4 Spezifische Tangentialkraft F'_z als Funktion des Zustellweges s bei konstanter Zustellgeschwindigkeit v_e

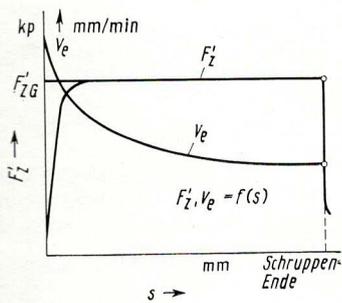
reichen, so können mit $v_s = 80$ m/s z. B. 3 bis 4 Wälzlagerringe ohne Abrichten komplett geschliffen werden.

Die Abrichtzeit verkürzt sich ebenfalls, da der optimale Abrichtvorschub zum Erzielen einer guten Wirkrauhtiefe an Schleifkörper bei 0,03 bis 0,04 mm/U liegt. Damit kann die Abrichtgeschwindigkeit mit höherer Schleifspindeldrehzahl größer sein.

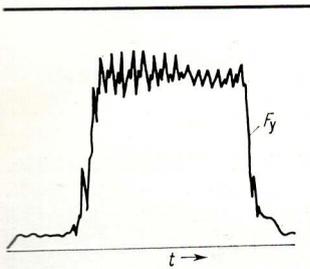
1.2. Anpassung der Maschinenfunktionen an den optimalen Schleifprozeß

1.2.1. Zustellgeschwindigkeit v_e

In den meisten Schleifmaschinen wird gegenwärtig eine konstante Schruppzustellgeschwindigkeit v_e in mm/min ange-

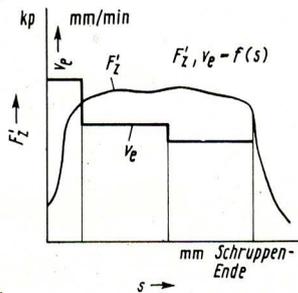


5 Spezifische Tangentialkraft F'_z und die Geschwindigkeit v_e als Funktionen des Zustellweges bei konstanter Tangentialkraft F'_{zG}



6

6 Oszillogramm der Normalkraft F_y als Funktion der Zeit, aufgenommen im ACC-Prozess an einer Innenschleifmaschine



7

7 Spezifische Tangentialkraft F'_z und die Zustellgeschwindigkeit v_e als Funktion des Zustellweges bei gestufter v_e

wendet. Ihre Größe richtet sich beim Innenrundschleifen nach der am Ende des Schruppens vorhandenen Schleifdornabblingung, die nicht zu groß werden darf, wenn in den nachfolgenden Operationen Schlichten und Ausfeuern die daraus entstehenden geometrischen Fehler ausgeglichen werden sollen und wenn der Schleifkörper noch einwandfrei schneiden soll. Im Diagramm im Bild 4 ist gezeigt, daß dieser Zustellgeschwindigkeitswert der Schnittkraft F_{zG} entspricht.

Beim Beginn des Schleifens ist aufgrund der rohen Oberfläche und des großen Kreisformfehlers der rohen Bohrung der Anteil der den Schleifkörper berührenden Werkstückoberfläche noch klein (vgl. Bild 4).

Damit ist die Kraft F'_z gering. Die schraffierte Fläche tritt als Verlustarbeit auf. Dadurch wird viel Zeit bis zum Erreichen des Schleifaufmaßes verbraucht.

Durch eine ACC-Regelung kann der Schruppprozess auf eine konstante Schnittkraft F_{zG} optimiert werden. Die Zustellgeschwindigkeit v_e weist dabei eine fallende Tendenz auf (Bild 5). Damit ist eine erhebliche Verkürzung des Schruppprozesses zu erzielen.

Im Bild 6 ist ein Oszillogramm des Verlaufs der Normalkraft F_y als Funktion der Zeit dargestellt. In Verbindung mit einer Optimierung der Anfahrstrategie wird nach kürzester Zeit eine hohe Konstanz des Mittelwertes der Kraft während des Schruppvorgangs erreicht.

Eine funktionssichere und mit wenig Aufwand verbundene Lösung wird in den Innenrund- und Wälzlagerschleifmaschinen des VEB BWF angewendet, diese ist im Bild 7 dargestellt. Die Zustellgeschwindigkeit kann mit einer einfachen Methode stufenweise nach einer hyperbolischen Charakteristik verändert werden. Der F'_z -Verlauf ist einem Oszillogrammschrieb entnommen und zeigt einen annähernd konstanten Verlauf. Durch dieses Verfahren werden mindestens 30% der Schruppzeit gegenüber einer konstanten Zustellgeschwindigkeit eingespart.

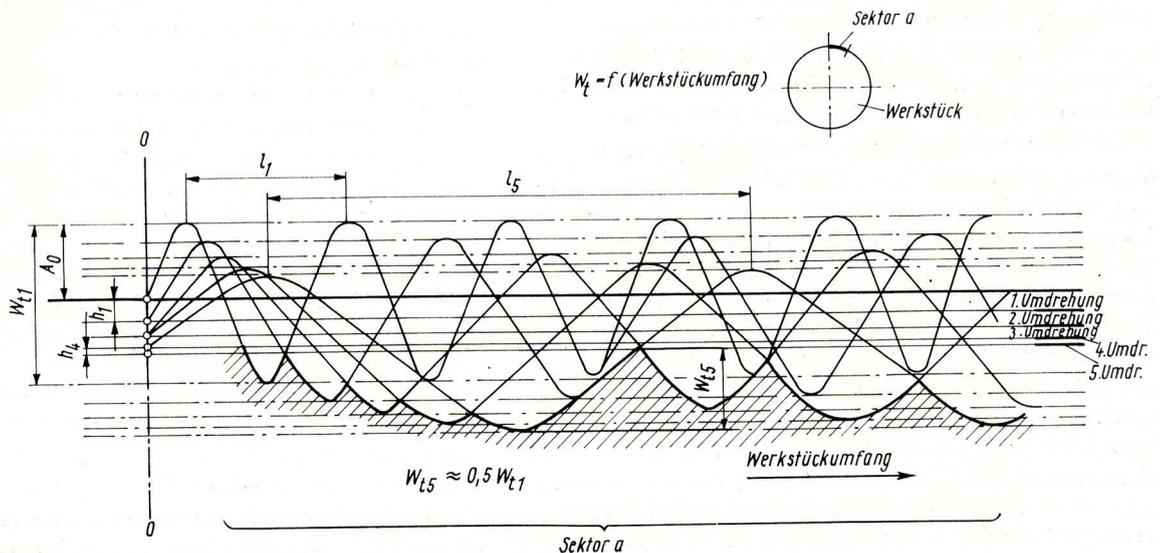
1.2.2. Werkstückspindeldrehzahl n_w als $f(t)$

Wellenförmige Gestaltabweichungen können bei ungünstigen Zerspanbedingungen entstehen.

Nach Optimierung des Zerspanungsprozesses liegt die Ursache für die verbleibende Welligkeit in der Regel in auftretenden Relativschwingungen zwischen Werkstück und Werkzeug.

Quellen für diese Relativschwingungen sind meist erzwungene Schwingungen mit Massenkrafterregung. Bei Innenschleifmaschinen spielen dabei die Unwuchten der Schleifspindel und des Werkzeugs wegen der verwendeten hohen Drehzahl eine erhebliche Rolle.

3 Wellentiefe W_t als Funktion der Werkstückumfangsstrecke



Andererseits verhindern diese hohen Frequenzen Resonanzerscheinungen mit den anderen Bauteilen der Maschine. Damit verbleiben relativ geringe Amplituden.

Stöße und andere Erregerkräfte können dynamisch schwache Bauteile zu Eigenschwingungen anregen, die dann gefährlich werden, wenn sie sich als Relativschwingungen zwischen Werkstück und Werkzeug auswirken. Häufig ist es nicht ohne weiteres möglich, die Erreger zu beseitigen.

Ein Verfahren, das Auswirkungen dieser Relativschwingungen auf die Oberflächengestalt weitgehend verhindert und insgesamt zu einer Verbesserung der Welligkeit W_t und auch der Rauhtiefe R_a führt, wurde im VEB Berliner Werkzeugmaschinenfabrik entwickelt und in den neuentwickelten Maschinen SWÄI 63 und SWÄIE 63 angewendet. Das Verfahren ist zum Patent angemeldet. Die Werkstückspindel wird durch einen stufenlos regelbaren Gleichstrommotor angetrieben.

Kurz vor Beendigung des Ausfeuvorgangs, also vor Erreichen des Fertigmaßes, wird die Werkstückdrehzahl n_w hochgeregelt, bis sie ihren maximalen Wert erreicht. Dieser Vorgang wird durch eine Automatik gesteuert.

Im Bild 8 sind die dabei entstehenden Beziehungen dargelegt. Es ist ein Sektor α des Werkstückumfangs gezeichnet.

Durch eine Relativschwingung mit der Amplitude A_0 wird in die Oberfläche eine Wellentiefe W_{t1} eingeschleift, welche gleich der doppelten Amplitude, also $-2A_0$ ist. Dies geschieht bei der 1. Umdrehung. Würde die Werkstückdrehzahl konstant bleiben, so würde bei jeder weiteren Umdrehung und einem ganzzahligen Verhältnis der Frequenz der Relativschwingung zur Drehfrequenz n_w diese Schwingung mit der doppelten Amplitude $2A_0$ in die Werkstückoberfläche eingehen und würde eine Wellentiefe $= W_{t1}$ hervorrufen.

Bei einem unganzzahligen Verhältnis $f : n_w$ würde sich zwar W_t von Umdrehung zu Umdrehung etwa reduzieren, aber die Verbesserung ist geringfügig, wie theoretisch nachgewiesen werden kann.

Wird nun aber die Werkstückumdrehungsgeschwindigkeit ständig erhöht, so entsteht das im Bild 8 dargestellte Bild. Mit der Beschleunigung ändert sich von Umdrehung zu Umdrehung das Frequenzverhältnis $f : n_w$. Es wird kleiner, da n wächst. Dadurch werden die Wellenlängen l größer ($l_5 > l_1$). Gleichzeitig werden auch die Spantiefen h kleiner ($h_4 < h_1$). Dies hat zwei Gründe.

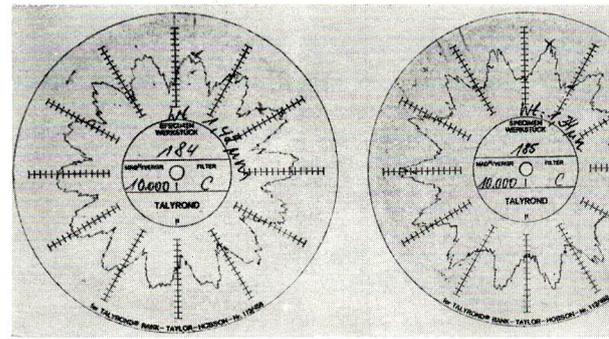
Unter der Annahme gleicher Zustellgeschwindigkeit v_e ist bei höherer Werkstückdrehzahl n_w die Spantiefe h geringer, da $h = v_e/n_w$ in mm, dabei ist v_e in mm/min und n_w in U/min. Die Zustellgeschwindigkeit v_e nimmt aber beim Ausfeuvorgang nach einer e-Funktion ebenfalls ab, da sie lediglich aus dem Ausgleich der Schleifdormabbeugung entsteht. Bild 8 zeigt, daß bereits nach 5 Umdrehungen $W_{t5} \approx 0,5 W_{t1}$ ist.

Diese Theorie konnte experimentell nachgewiesen werden. An einer SWÄIE 63 waren durch einen bekannten Erreger erhebliche Störschwingungen vorhanden, die zu größeren W_t -Werten führten, Kreisdiagramm im Bild 9.

Bei Anwendung der Automatik wurden unter gleichen übrigen Zerspanbedingungen die Ergebnisse im Bild 10 erreicht. Sie liegen ungefähr bei 40% der Ausgangswerte.

Gleichzeitig bringt die Erhöhung der Werkstückgeschwindigkeit v_w in der Endphase der Bearbeitung eine Veränderung des Geschwindigkeitsverhältnisses von $q = v_s/v_w = 60$ beim Schruppen auf $q = 20$.

Untersuchungen am Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaus „Fritz Heckert“ Karl-Marx-Stadt in der DDR haben gezeigt, daß sich ein niedriges q durch die rasch geringer



9 Talysron-Kreisformdiagramme, geschrieben mit Filter C, ohne q -Variator

werdende Spantiefe positiv auf die Rauhtiefe R_a auswirken. Durch die Anwendung der Automatik wird demzufolge gleichzeitig die Rauhtiefe verbessert [2].

1.2.3. Schleiftischoszillation

In schleiftechnischen Versuchen im eigenen Versuchsfeld konnte nachgewiesen werden, daß hohe Doppelhubzahlen (600 bis 800 DH/min) sich günstig auf die Abtragleistung auswirken. Es werden dabei Hublängen um 1 mm und kleiner verwirklicht.

2. Entwicklung neuer Innenrundsleifmaschinen

In diesem Abschnitt wird auf Entwicklungen eingegangen, die in den letzten beiden Jahren im Kombinatbetrieb VEB Berliner Werkzeugmaschinenfabrik in die Serie überführt wurden.

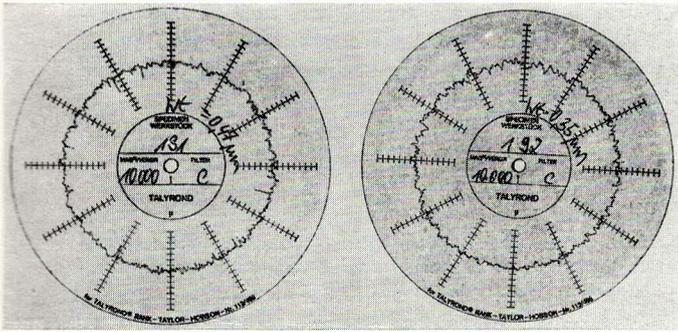
2.1. Wälzlagersleifmaschinen als progressivste Vertreter hoher Produktivität und Arbeitsgenauigkeit

Wälzlagersleifmaschinen können mit Recht als Spitzenleistungsergebnisse auf dem Gebiet der automatischen Werkzeugmaschinen für die Großserien- und Massenfertigung bezeichnet werden. Im o. g. Betrieb sind 1972 die ersten Serienmaschinen des Wälzlagersleifautomaten SWÄI 63 (Bild 11) produziert worden.

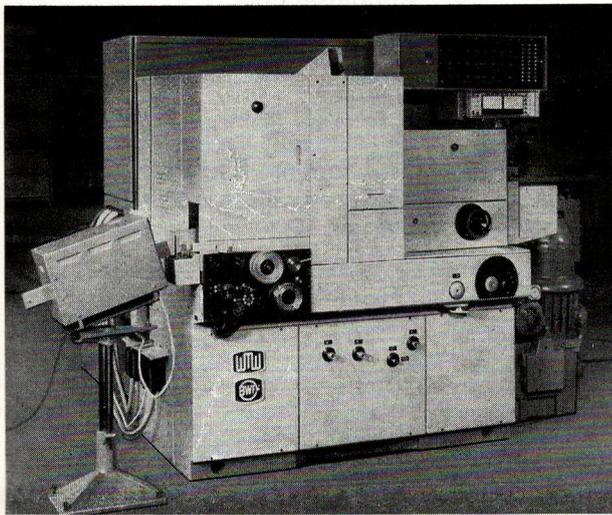
Im Bild 12 ist die Entwicklung der Arbeitsgenauigkeit und der Produktivität anhand einiger wichtiger Kennziffern dargestellt.

Die operative Zeit t_0 für einen Wälzlagererring 6206 (Bohrungsdm. = 30 mm, 16 mm Breite) bei einem max. Schleifaufmaß von 0,35 mm betrug auf der Maschine SWÄI 63 zur Leipziger Frühjahrsmesse 1972 = 8,5 s. Durch weitere Optimierung, besonders hinsichtlich kürzerer Nebenzeiten, wurden Anfang 1973 7,5 s erreicht. Es wurde mit $v_s = 60$ m/s geschliffen. Durch den Übergang auf $v_s = 80$ m/s unter Verwendung einer neuentwickelten leistungsstärkeren Schleifspindel GP 60 SD mit $N_{sp} = 4,3$ kW bei $n_{sp} = 60\,000$ U/min gegenüber der bisherigen GP 60 mit $N_{sp} = 3,5$ kW wurde die spezifische Zerspanleistung z' bis auf 10 mm³/mm · s erhöht. Es ergab sich keine Verschlechterung der Rauhtiefe R_a .

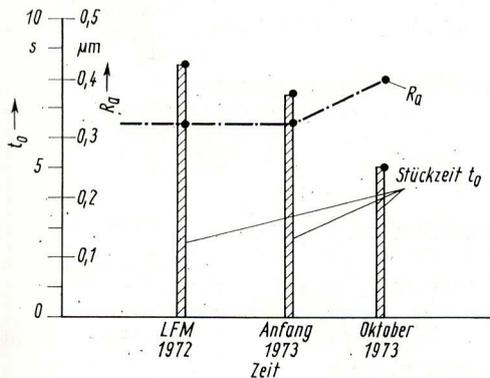
Es konnte im Gegenteil gegenüber $v_s = 60$ m/s das Intervall zwischen Abrichten eingeführt werden. Es wird nach jedem 3. Werkstück abgerichtet, während bisher zwischen Schruppen und Schlichten bei jedem Werkstück abgerichtet werden mußte.



10 Talyrond-Kreisformdiagramme, geschrieben mit Filter, C mit q -Variator



11 Wälzlagerschleifautomat SW&I 63 des VEB Berliner Werkzeugmaschinenfabrik
 minimaler Schleifdurchmesser 10 mm
 maximaler Schleifdurchmesser 80 mm
 maximale Schleifbreite 40 mm



12 Die Entwicklung der Produktivität und der Rauhtiefe R_a als Funktion der Zeit bei der SW&I 63 Ringtyp 6206, Aufmaß max. 0,35 mm
 Werte für die bisher noch im Produktionsprogramm befindliche SIAG 50: $t_0 = 15$ s bei $R_a = 0,4 \dots 0,5 \mu\text{m}$

Die genannte Produktivität von 720 Ringen/h ist bisher Spitzenleistung im Weltmaßstab.

Innerhalb der Gesamtzeit t_0 von 5 s liegen 1,4 s Nebenzeit. Diese Werte konnten nur unter Anwendung der im Abschnitt 1. dargelegten wissenschaftlichen Erkenntnisse erreicht werden.

2.2. Fortschritte bei Innenschleifmaschinen, besonders unter der Sicht einer komplexen Bearbeitung

Im Titelbild ist die neuentwickelte Innenschleifmaschine SI 125 a, bei der der gesamte Bearbeitungszyklus automatisch abläuft und nur das Werkstück von Hand gewechselt wird, dargestellt.

Diese Type ist zu etwa 40 % mit den Wälzlagerschleifmaschinen unifiziert. Es handelt sich hierbei besonders um die funktionsbestimmenden Baugruppen.

Dadurch können auch folgende Vorteile des Wälzlagerschleifens auf das Innenrundscheifen übertragen werden:

- adaptive Zustellcharakteristik durch Verwendung des gleichen Zustellgetriebes und dessen Steuerung
- stufenlose Einstellung der Werkstückspindeldrehzahl durch Verwendung eines Gleichstromstellmotors.

Als weitere wichtige Verbesserungen gegenüber bisherigen Ausführungen sind anzusehen:

- hohe Steife der Schleiftischführung durch Kreuzrollen-Wälzführungselemente
- weiche und präzise Umsteuerung des Schleiftisches durch eine optimierte hydraulische Umsteuereinrichtung, eine Lizenzentwicklung des Instituts Enims, Moskau
- Anwendung einer kombinierten Speicher-Nullhubpumpen-Hydraulik als Kalthydraulik.

Diese 3 Punkte dienen vor allem der Erhöhung der Arbeitsgenauigkeit und der thermischen Stabilität.

Die Schleifgeschwindigkeit v_s wurde vorerst auf 50 m/s gesteigert. Voraussetzungen dafür sind:

- steifere riemengetriebene Schleifspindeln

Da die Innenschleifmaschinen, außer der Großserien- und Massenfertigung, auch noch Mittel- und Kleinserien mit bearbeiten sollen, ist eine häufige Umrüstung notwendig und damit die Verwendung von Elektroschleifspindeln nur im eingeschränkten Umfang möglich.

Die neuentwickelten riemengetriebenen Schleifspindeln der SPV-Reihe des VEB Wälzlagerwerk Fraureuth gewährleisten hohe Spindelsteifen und damit die Voraussetzung für höhere Abtragleistung.

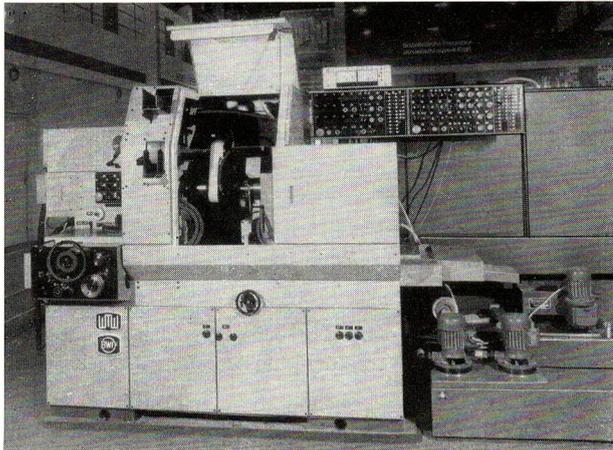
- umfangreiche Maßnahmen zur Abdeckung des Arbeitsraums und damit der Gewährung des Arbeitsschutzes.

Anhand eines Arbeitsbeispiels soll die Leistungsfähigkeit der Neuentwicklung gezeigt werden:

Es wurden Zwischenräder mit einem Bohrungsdurchmesser von 72 mm und einer Bohrungslänge von 47 mm und einem Schleifaufmaß von 0,35 mm, bezogen auf den Durchmesser, geschliffen.

Folgende Werte wurden erreicht:

Maßtoleranz	< 10 μm
Formabweichung vom Kreis F_k	= 0,9 μm
Konizität	= 3 μm
Rauhtiefe R_a	= 0,36 μm



13 Innen-, Plan- und Außenschleifautomat SIP 125 A des VEB Berliner Werkzeugmaschinenfabrik
 minimaler Schleifdurchmesser 25 mm
 maximaler Schleifdurchmesser 125 mm
 maximale Schleiflänge 125 mm

Das entspricht mit hoher Sicherheit der Qualität IT 5. Wird für das Wechseln der Werkstücke von Hand eine Zeit $t_w = 10$ s vorgegeben, dann beträgt die Zeit $t_0 = 80$ s und die Produktivität 45 Stück/h.

Dies bedeutet eine Produktivitätssteigerung gegenüber dem bisherigen Erzeugnis um etwa 100%.

Bild 13 zeigt den Schleifautomat SIP 125 A, der die Innenschleifmaschine SI 125 a als Grundlage hat.

Als weitere Baugruppe hat er eine automatisch arbeitende Ladeeinrichtung und an der hinteren Maschinenseite eine quer zum Bett angeordnete Außen- und Planschleifeinheit.

Damit können

— 1 Bohrung — 1 Planfläche — 1 Außenfläche —

in einer Aufspannung geschliffen werden, dabei Bohrung und Planfläche zeitlich parallel.

Der Vorteil besteht in der geringen Abweichung der Achsen des Außendurchmessers zum Bohrungsdurchmesser, welche in der Größenordnung von 1 bis 2 μm liegt.

3. Zusammenfassung

Der Beitrag hat gezeigt, daß die in den letzten Jahren in umfangreichem Maße durchgeführten Forschungen zum Hochgeschwindigkeitsschleifen und deren Ergebnisse auch unter den besonderen Bedingungen des Innenschleifens Gültigkeit haben. Unter Beachtung der dabei vorliegenden Gesetzmäßigkeiten können auch beim Innenschleifen erhebliche Produktivitätssteigerungen durch höhere Schleifgeschwindigkeiten erreicht werden.

Die Anpassung der Zustellgeschwindigkeit an den Schleifprozeß zur völligen Auslastung des Schleifkörpers während des Schruppens bildet das zweite wichtige Merkmal zur Produktivitätssteigerung. Eine neue Methode zur Verbesserung der Mikrogestalt des Werkstücks wurde dargelegt.

In diesem Beitrag konnte anhand konkreter Maschinenentwicklungen des VEB Berliner Werkzeugmaschinenfabrik die Anwendung dieser Forschungsergebnisse gezeigt und deren Erfolg bewiesen werden.

Literatur

- [1] Gühring, K.: Hochleistungsschleifen, eine Methode zur Leistungssteigerung der Schleifverfahren durch hohe Schnittgeschwindigkeiten. Diss. TH Aachen 1967.
- [2] —: Forschungsbericht zum Thema „Hochgeschwindigkeitsschleifen bis $v_s = 80$ m/s“ des Forschungszentrums für Werkzeugmaschinen Karl-Marx-Stadt 1972 (unveröffentlicht).

Ma A 6914



**Erd- und Stadtgasfeuerungen
 0,17–15 Gcal/h
 Rußbläser- und
 Flugascheausblase-Anlagen
 Drehrohrbläser, Rückschubbläser
 für Hand- und automatischen
 Antrieb
 Düsenrohre, Halterungen, Blasköpfe
 für alle Kesselbauarten
**Probenahme-Einrichtungen
 zur Überprüfung von Kessel-
 medien****

VEB Wärmetechnische Anlagen, 4401 Stumsdorf
 Telefon: Zörbig 3 69 – 3 60

Fertigungs-Steuerungs-Anlage
KF - Festa 200
 im KF-System
 der Produktions-Planung, -Lenkung
 und -Kontrolle
 von der
Kapazitäts-Bilanzierung
 zur
termingerechten Durchführung
 mit KF-Organisations-Verfahren

GOED
 SCHE



**Betriebsorganisation
 Karl Frech**
 8027 Dresden
 Einsteinstraße 8
 Telefon *44104

ZUR FRÜHJAHRSMESSE IN LEIPZIG, MESSEGELENDE