

International Conference on
COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING

Internationale Konferenz über
RECHNERINTEGRIERTE FERTIGUNGSSYSTEME

Zakopane, March 24-27 1992

Adam HAMROL
Zenobia WEISS

Institut für Technologie des Maschinenbaus
Technische Universität Poznań

RECHNERGESTÜTZTES SCHLEIFEN VON WÄZLAGERRINGEN

Zusammenfassung: Die Rechner spielen immer grössere Rolle in der Regelung und Überwachung der technologischen Prozesse. In der Arbeit wurde ein Regelkreis für Qualitätssicherung und eine rechnergestützte Simulation der beim Schleifen erzeugten Werkstückmassgenauigkeit dargestellt. Die Regelkreise erfassen die Messgrößen unmittelbar über Sensoren im Maschinenraum. Die dargestellten Massnahmen haben zum Zweck die Verbesserung von Reproduzierbarkeit der Werkstückqualität.

1. Einleitung

Beim Schleifen von grossen Aufmassen mit grossen Kontaktflächen der Schleifscheibe und des Werkstückes, z.B. beim Innenschleifen, muss man mit erheblichem und oft unregelmässigem Verschleiss der Schleifscheibe rechnen. Die auftretenden Schleifkräfte und grosse thermische Belastung der Schleifzone haben oft Probleme mit Einhaltung der vorausgesetzten technologischen Bedingungen zur Folge. In meisten Fällen werden die sich daraus ergebenden Folgen durch Verminderung der Schleifparameter (in erster Linie durch Senkung des Zeitspannvolumens) oder durch häufiges Abrichten der Schleifscheibe minimiert. Das Risiko einer fehlerhaften Bearbeitung dank dieser Massnahmen wird zwar geringer, die Herstellungskosten steigen aber in manchen Fällen erheblich an [3].

Beim Schleifen von Wälzlagerlingen ist die Einhaltung der stabilen Qualität der bearbeitenden Werkstücke von besonderer Bedeutung. Bei den genauen Wälzlagern wird die Mass- und Formgenauigkeit in der Grösse von 1 µm erfordert. Deshalb werden verschiedene Massnahmen unternommen, um die vorausgesetzte Qualitätserfordernisse zu gewährleisten. Eine von der Massnahmen zur Vermeidung der unzulässigen Streuung der Qualitätsparameter besteht in der Ausrüstung des Systems mit Messkreisen, die die Prozesskenngrößen und/oder Qualitätsmerkmalen des Werkstückes messen lassen. In Abhängigkeit von der Stelle an der die Messgrößen erfasst werden, kann man zwischen "prozessinterner Regelkreis" und "prozessnaher Regelkreis" unterscheiden [5], Bild 1.

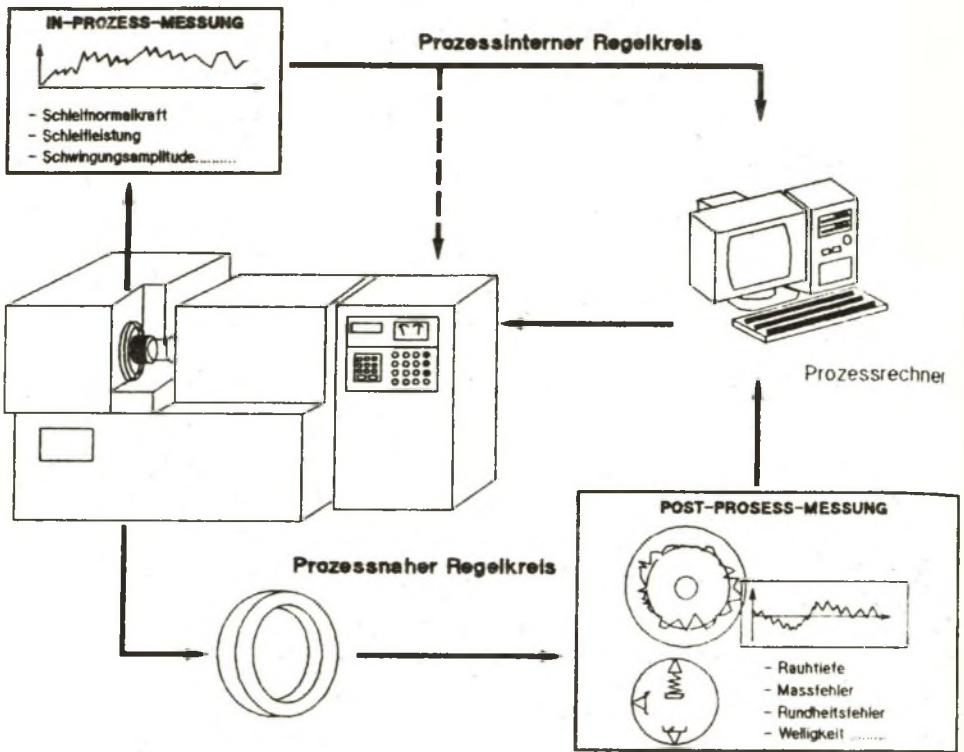


Bild 1. Regelkreise für Qualitätssicherung beim Schleifen

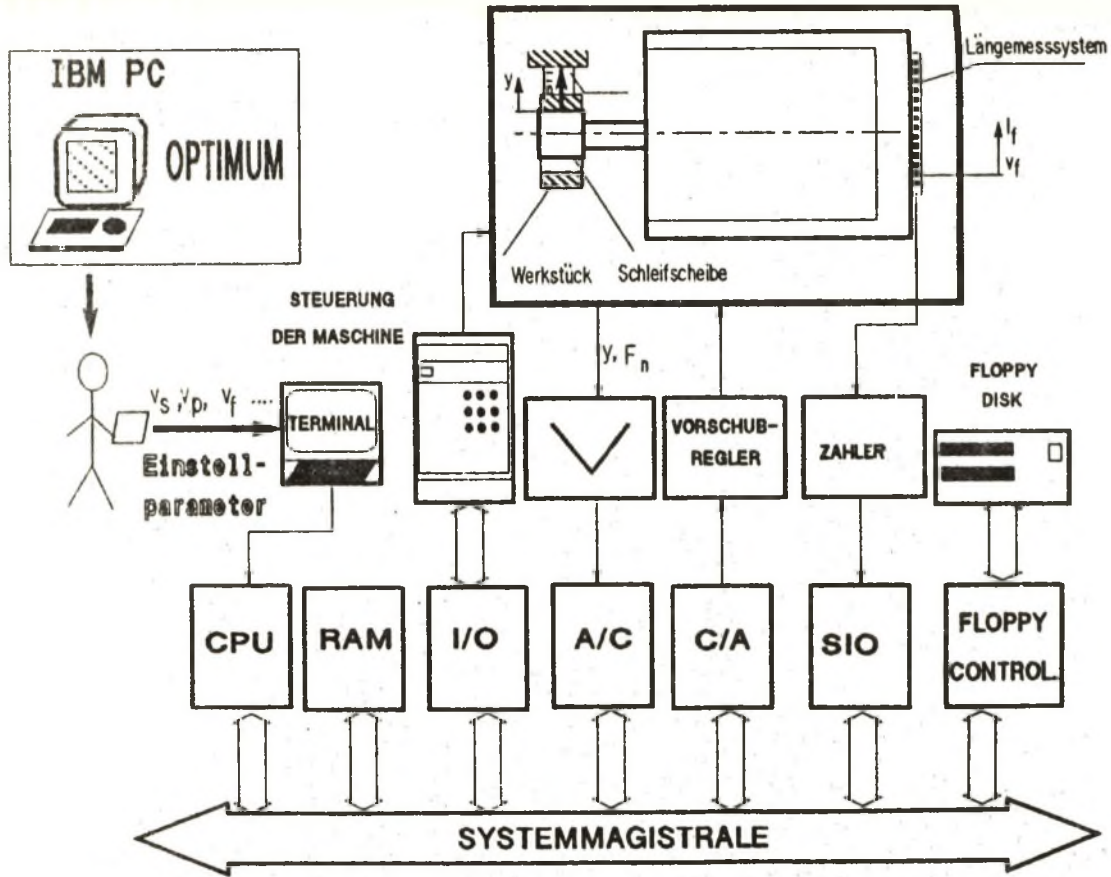
Prozessinterner Regelkreis erfasst die Messgrößen unmittelbar über Sensoren im Maschinenraum (In Prozess-Messung). Prozessnaher Regelkreis basiert dagegen auf den Informationen die über externe Sensoren geliefert werden (Post-Prozess-Messung).

Im folgenden werden kurz die Möglichkeiten der Qualitätssicherung in beiden genannten Regelkreise erörtert.

2. Qualitätssicherung durch Prozesskenngrößen

In einer einfachen Lösung werden die Messwerten direkt mit bestimmten Sollwerten verglichen. Anhand der ermittelten Angaben werden entsprechende Massnahmen getroffen, z.B. eine manuelle Korrektur der Einstellgrößen des Schleifprozesses. In der fortgeschrittenen Lösungen wird die Korrektur automatisch ausgeführt [6]. Bei Anwendung eines Mikrorechners kann eine Vielfalt von Koeffizienten ermittelt werden, die eine optimale Reaktion ermöglichen. In der Fachliteratur sind zu diesem Thema zahlreiche Mitteilungen zu finden. In den aus der Industrie bekannten Systemen werden am häufigsten die Schleifnormalkraft und/oder Schleifleistung als die gemessenen Prozesskenngrößen angenommen.

Bild 2. Hardware des Systems zur Überwachung des Schleifprozesses



Auf dem Bild 2 ist Hardware des Systems zur Projektierung und Überwachung des Schleifprozesses beim Innenrundschleifen dargestellt. Für die statische Optimierung kann man einen handelsüblichen IBM PC Computer anwenden. Da die dynamische Optimierung direkt im Schleifprozess stattfindet, muss ein robuster Industrie PC gewählt werden, der einen bestimmten Schutzart genügen muss. Es sind auch entsprechende Schnittstellen zur Verbindung der Maschinenraum mit dem Rechner notwendig.

Der dargestellte System kann ohne grosse technische Aufwand auf serienmässigen Produktionsschleifmaschinen zum Innenschleifen eingesetzt werden. Sie lässt die Reproduzierbarkeit der Schleifbedingungen beim Schlichten oder beim Ausfeuern und folglich die Reproduzierbarkeit der Werkstückqualität zu verbessern [2].

3. Direkte Qualitätssicherung

Höhere Effektivität weist die Qualitätssicherung des Schleifens aus, die auf der "prozessnahen Regelkreis", in dem die die Werkstückqualität direkt beschreibenden Merkmale gemessen werden, basiert. In Hinsicht auf die geometrische Werkstückqualität zu den wichtigsten Qualitätsmerkmalen zählen: Mass - und Formgenauigkeit, Rauhtiefe und Welligkeitsamplitude. Die meisten von den Qualitätsmerkmalen sind praktisch nur off-line messbar, besonders im Falle des Innenschleifens. Nur für die Messung der Massgenauigkeit sind heute die in der Praxis gut bewährte Messeinrichtungen vorhanden, die die gewünschte Messsicherheit gewährleisten.

Im folgenden ist Entwurf eines PC-gestützten Systems dargestellt, das die Abstimmung der Messeinrichtung in Hinsicht auf Massgenauigkeit des Werkstückes beim Einstechschleifen ausführt. Werkstückmass ist beim Schleifen bezüglich der Natur des Massfehlers durch zufallsbedingten und systematischen Fehlern beeinflusst. Zu den Ursachen der zufallsbedingten Massfehler gehören beispielsweise: die Positionsabweichung der Schlitten bei wiederholten Anfahren der Arbeitsposition, Schwingungen der Maschine, Inhomogenität der Werkstoffeigenschaften. Über die Grösse der zufälligen Fehler lässt sich keine Voraussage machen. Dagegen sind die systematischen Fehler dadurch gekennzeichnet, dass sie einem zeitlichen Trend folgen. Zu ihnen zählen beispielsweise Messabweichungen, die durch eine thermische Deformation der Maschine oder durch Schleifscheibenverschleiss verursacht werden. Im Gegensatz zu den zufallsbedingten Fehlern unterliegen die systematischen Fehler somit einer Gesetzmässigkeit, die eine Voraussage über den zeitlichen Fehlerverlauf gestattet. Es ist also möglich ihre Auswirkung auf die Masshaltigkeit des Werkstückes durch periodische Fehlermessung und - Korrektur zu beeinflussen. In dem hier betrachteten Fall des Einstechschleifens mit In-Prozess-Messung des Ausmasses bezieht sich die Korrektur auf die Messeinrichtung (Messkopf einschliesslich Steuerung), weil die sonstigen systematischen Fehler automatisch ausgeglichen werden. Die ausgeführte Korrektur beruht auf der Ausgleich der Soll-Istabweichung zum Zeitpunkt der Istwertermittlung. Da sich jedoch der Istwert aufgrund des Fehlerrends des Messtasters fortlaufend verändert, müssen Messung und Korrektur in gewissen Zeitabständen (je gewisse Anzahl der bearbeitenden Werkstücke) wiederholt werden. Die Häufigkeit von Messung und Korrektur richtet sich nach der Grösse des Fehlerrends sowie der einzuhaltenden Masstoleranz des Werkstückes.

4. Simulationsprogramm zur Bildung der Abstimmungsparameter

Es wurde ein Programm bearbeitet, das die Abstimmung der Messeinrichtung simuliert. Als Basis der Abstimmungsstrategie wurde der Prinzip der exponentialen Glättung angenommen. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass nicht alle Daten (Werkstückmassen in der vorgegebenen Anzahl der letzten Messungen) gespeichert sein müssen, der Rechenaufwand verhältnismässig gering ist und die Methode schnell auf Trendänderung reagiert. Die Methode ist ausführlich in [4] beschrieben.

Das Programm lässt die folgenden Parameter zu berücksichtigen:

- K - Anzahl der Werkstücke zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen des Werkstückmasses (Messzeitintervall)
- R - Verschiebung des Eingriffsmoments gegen Zeitpunkt der Prognoseermittlung (Anzahl der Werkstücke),
- α - Korrekturfaktor, wobei Korrekturwert = $-\alpha \times \Delta$,
mit Δ - Prognose der Massabweichung.

Blockschema des Programverlaufes ist im Bild 3 gezeigt.

Zuerst wird die Musterstichprobe erzeugt, die aus einer Reihe Zufallszahlen mit Normalverteilung besteht. In der Praxis werden die Schleifbedingungen bei denen die Muster-Stichprobe erzeugt wird so gewählt, dass der systematische Massfehler möglicherweise gering ist (im Idealfall ist er gleich Null). Für die erzeugte Stichprobe werden der Mittelwert \bar{x} sowie die Spanweite R berechnet. Anhand dieser Grössen wird obere (GGR) und untere (DGR) Eingriffsgrenze ermittelt. Im zweiten Programteil werden aufeinander die Masswerten erzeugt, die durch den systematischen Fehler beeinflusst werden. Die "Messung" und Prognose des Aussmasses werden jeweils nach "K" bearbeiteten Werkstücken ausgeführt. Liegt der Prognosewert ausser dem Bereich (GGR-DGR) wird eine Korrektur um einen Betrag $\alpha \cdot S(1+R)$ vorgenommen.

Die Ergebnisse der Simulation sind auf der Bild 4 für zwei verschiedenen Trendsverläufe dargestellt. Wie es ersichtlich ist, lässt die Korrektur die Anzahl der Ausschüsse auf Null herabsetzen. Der Vorteil der so geführten Simulation besteht in der Möglichkeit einer schnellen und zeitsparenden Anpassung des Parametersatzes "K, R, α " an die jeweilige Bearbeitungsbedingungen.

5. Literatur

- [1] Breymann U., Buschek A., Höefler H.-O.: Statistische Prozesskontrolle mit dem PC, Technisches Messen tm 1/1990
- [2] Hamrol A., Konieczny R., Weiss Z.: Control of an Internal Grinding Cycle. III International Conference on Automatic Supervision, Monitoring and Adaptive Control in Manufacturing AC'90
- [3] Hamrol A.: Theoretische und experimentelle Analyse der Überwachungsmöglichkeiten beim Innesschleifen, Habilitationsschrift, Technische Universität Poznań, Nr 245, 1990, s. 171.
- [4] Heinke H., Lorenz L.: Interne Messregelung an Drehmaschinen Regelstrategie: Prognoseregulung, Maschinenbautechnik, 36(1987), Nr 10.
- [5] Toenshoff H.K., Brinksmeier E.: Qualitätsregelung in der Feinbearbeitung, 6. Internationales Braunschweiger Feinbearbeitungskolloquium, 1990.
- [6] Weiss Z., Krajewski S., Hamrol A.: Vorschubregelung beim spitzenlosen Innenrund - Einstechschleifen mit Kraftsensor in der Seitenstütze, II International Conference on Adaptive Control in Manufacturing AC'85

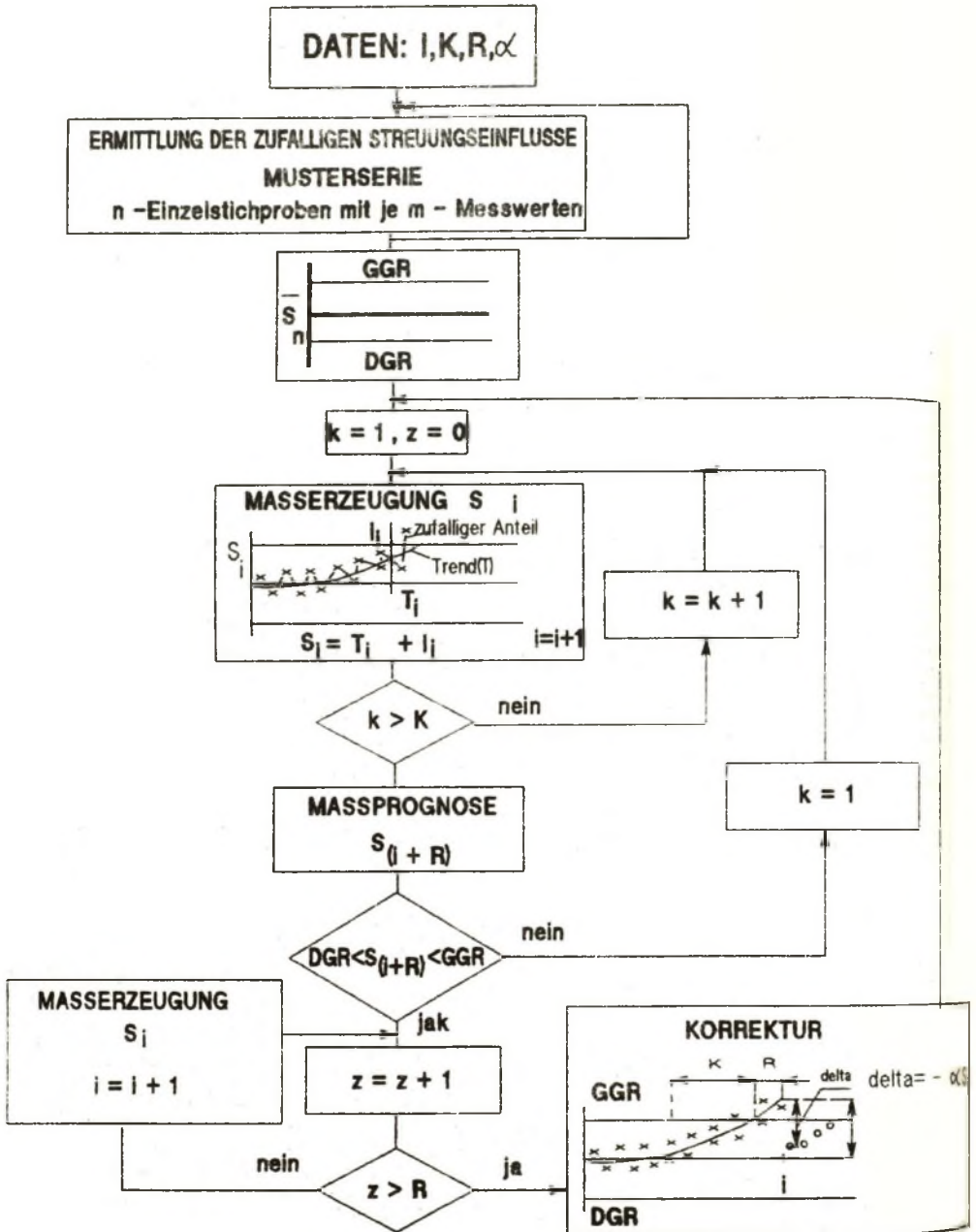


Bild 3. Blockdiagramm des Programms zur Simulation von Korrektur der Messeinrichtung

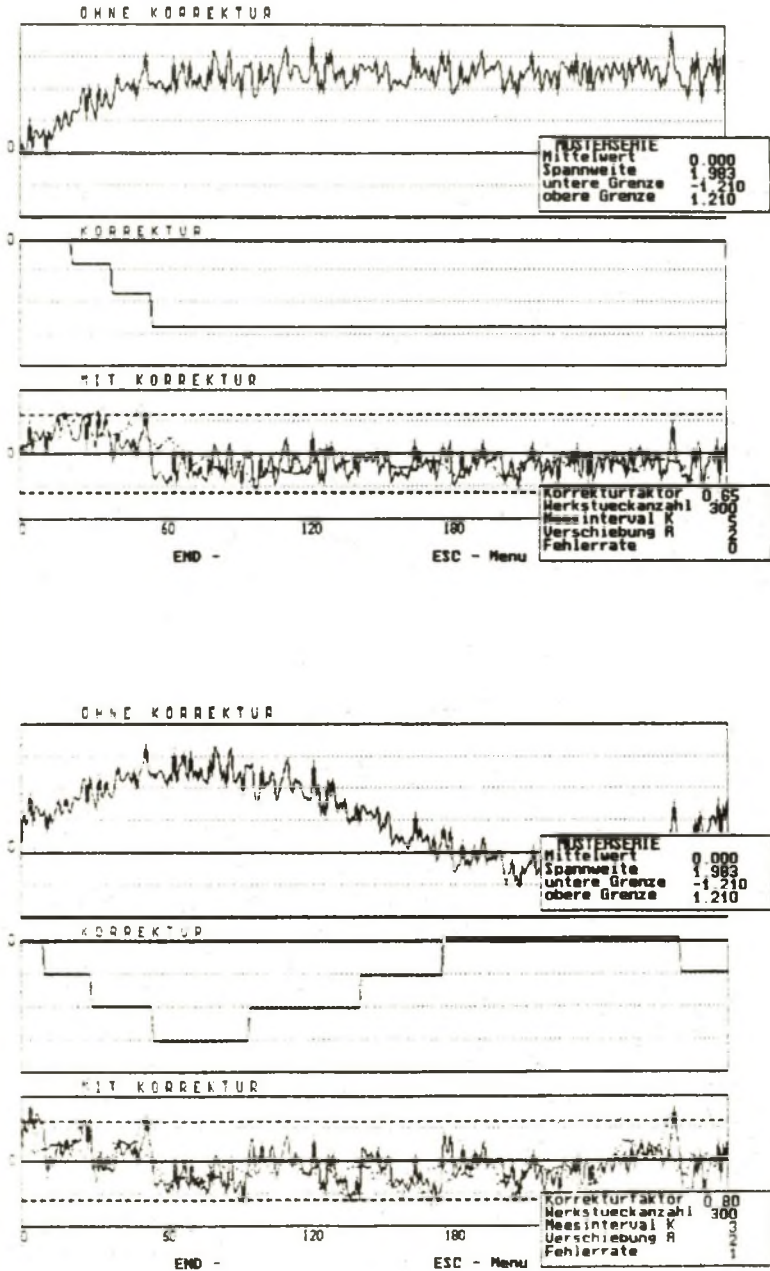


Bild 4. Beispielhafte Ergebnisse des Simulationsprogramms

COMPUTER AIDED GRINDING OF BEARING

Summary

Computers have a more and more important role in control of technological processes. The quality control circuits and a concept to computer simulation of geometric quality during grinding has been presented. The control circuit uses the sensors in the grinder space. Systems allows to improve the stability of workpiece quality inrespective of grinding wheel condition.

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE SZLIFOWANIA ŁOŻYSK TOCZYNYCH

Streszczenie

Komputery odgrywają coraz większą rolę w kontroli procesów technologicznych. W pracy przedstawiono obwód kontroli jakości i koncepcję komputerowej symulacji dokładności wymiarowej podczas szlifowania. Układy kontrolne wykorzystują przy tym czujniki zainstalowane na szlifownicy. Układy kontrolne pozwalają na zwiększenie powtarzalności jakości przedmiotu, uniezależniając ją od stanu skrawnego ściernicy.

Wpłynęło do redakcji w styczniu 1992 r.

Recenzent: Jan Darlewski