

Fertigung von Rotoren für Schraubenmaschinen

M. Lorenz, Coburg

Zusammenfassung

Schraubenmaschinen-Rotoren sind komplizierte geometrische Bauteile, deren Effizienz ganz wesentlich von der Genauigkeit des Profils, der Steigung und der Zahnteilung abhängt. Die höchsten Genauigkeiten werden durch Schleifen erreicht.

Neben dem konventionellen Schleifen mit abrictbaren keramischen Schleifscheiben setzt sich zunehmend die Schleifbearbeitung mit galvanisch belegten, abrictfreien CBN-Profilschleifscheiben durch.

Auf einer speziell für diese Technologie entwickelten Maschinen erfolgt das Profilschleifen in Schnittaufteilung Schruppen/Schlichten. Darüber hinaus werden an Rotoren bis ca. 110 mm Durchmesser die qualifizierten Durchmesser und Planschultern in gleicher Aufspannung mit dem Rotorprofil geschliffen. Die meßgesteuerte arbeitende Maschine kann vollautomatisch betrieben werden.

1. Einleitung

Schraubenmaschinen-Rotoren werden auf einer hierfür entwickelten NC-Maschine mit galvanisch belegten, abrichtfreien Profilschleifscheiben geschliffen. Die Präzision der Profilschleifscheiben, deren Verschleißfestigkeit und Schneidfähigkeit bei der Stahl- und Guß- sowie Alu-Bearbeitung führen zu einem engen Toleranzband der geschliffenen Lückenprofile.

Diese Tatsache, verbunden mit einer sehr hohen Steigungsgenauigkeit und mit Teilungsabweichungen im 0,001 mm-Bereich führt dazu, daß Haupt- und Nebenrotoren beliebig miteinander gepaart werden können. Der Wirkungsgrad der beliebig gepaarten Rotoren ist gleichbleibend hoch.

2. Schleifwerkzeug

2.1 Grundaufbau

Zur präzisen Schleifbearbeitung werden galvanisch belegte, abrichtfreie CBN-Profilschleifscheiben eingesetzt.

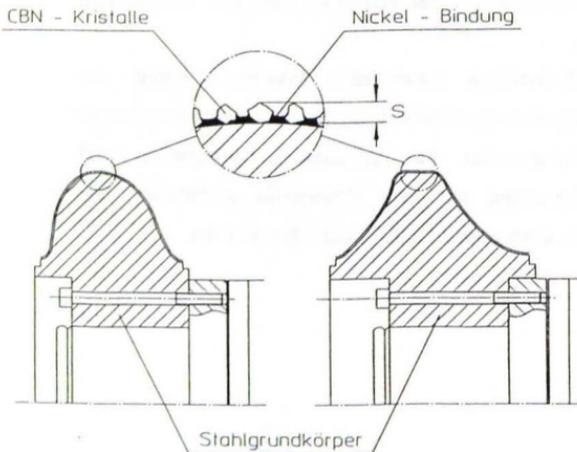


Bild 1: CBN-Profilschleifscheiben

Bild 1 zeigt dieses Schleifscheiben im Grundaufbau. Der gehärtete Stahlgrundkörper wird im Profilbereich um die Schlichtdicke s des Schleifbelages kleiner gehalten. Die präzise geschliffene Bohrung in Verbindung mit der ebenso präzisen Planfläche dient zur Aufnahme der Schleifscheibe auf dem zylindrischen Schleifspindelzapfen.

2.2 Schleifbelag

Der Schleifbelag besteht aus einer einschichtigen Lage von CBN-Kristallen, die bis zu 30 % Höhe mittels galvanisch abgeschiedenem Nickel an das Grundkörperprofil gebunden werden. Der Schleifbelag hat eine offene Struktur. Es sind genügend Kammern zwischen den Kristallen zur Aufnahme von Spänen vorhanden.

CBN (Kubisch Kristallines Bornitrid) ist ein hochverschleißfestes Schleifmittel, das in der Härte direkt hinter Diamant steht und diesen bezüglich Temperaturbeständigkeit und chemischer Neutralität zu Fe weit übertrifft.



Bild 2: CBN-Kristalle

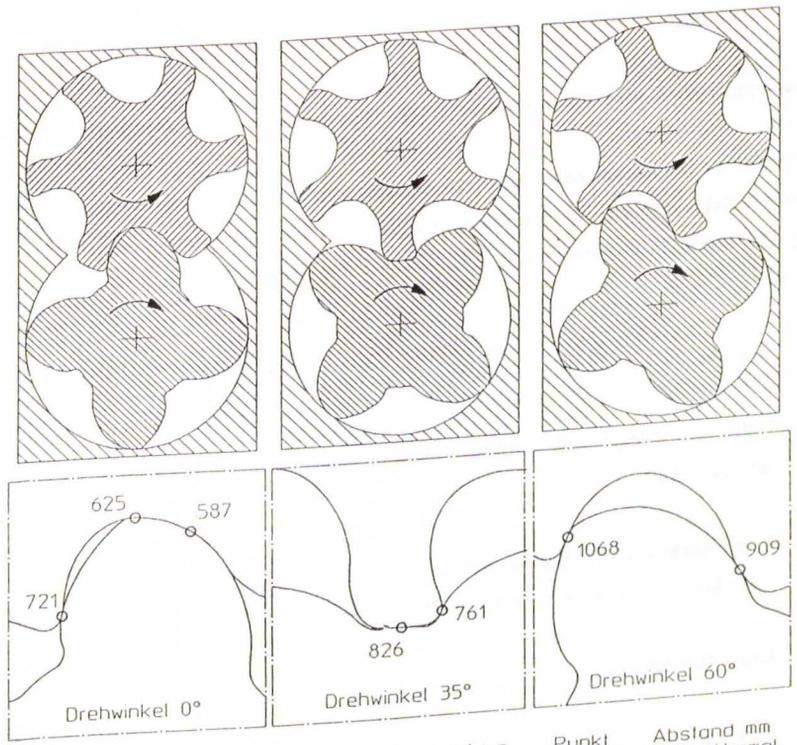
Dank dieser Eigenschaften schreitet die Abstumpfung der Kristalle bei der Hart- und Weichbearbeitung von Stahl und Guß sehr langsam voran. Der damit verbundene Profilverschleiß wird an der Maschine durch eine Entsprechend programmierbare NC-Bewegung kompensiert. Bis zur Erreichung eines durch steigende Leistungsaufgaben begrenzten Abnutzungsgrades können je nach Größe, Zähnezahl, Material und Vorbearbeitungszustand mehrere hundert bis zu mehr als tausend Rotoren mit einem Schleifbelag bearbeitet werden.

2.3 Erneuerung des Schleifbelages

Nach Durchlaufen der Standmenge wird der CBN-Nickel-Belag ohne Beeinträchtigung des Grundkörpers chemisch abgelöst und ein neuer Schleifbelag aufgebracht. Die geometrische Genauigkeit jedes Schleifbelages wird im Einschleifverfahren ermittelt und in einem die Schleifscheibe begleitenden Meßschieb dokumentiert.

2.4 Profilberechnung

Für die erstmalige Profilberechnung der Schleifscheiben, die normalerweise einen Durchmesser von 240 mm haben, werden die Stirnschnittkoordinaten des Rotorprofils sowie Teilkreisdurchmesser und Steigungslänge zugrundegelegt. Das Zusammenspiel der Stirnschnittprofile von Haupt- und Nebenläufer wird in einem Simulationslauf am Rechner vorab eingehend untersucht.



Punkt	Abstand mm		Punkt	Abstand mm		Punkt	Abstand mm	
	Stirn.	Normal.		Stirn.	Normal.		Stirn.	Normal.
587	.0515	.0500	761	.2883	.2667	909	.0524	.0494
625	.0521	.0521	826	.0551	.0551	1068	.0713	.0670
721	.0019	.0018						

Bild 3: Simulationslauf

Bild 3 zeigt 3 Momentaufnahmen eines Simulationslaufes bei dem die Stirnschnittprofile bei Soll-Achsabstand auf die geforderten Spiele überprüft werden. Erst wenn sichergestellt ist, daß die Spiele in allen Punkten den theoretischen Vorgaben entsprechen, wird die Berechnung und Fertigung der Schleifscheiben freigegeben.

Die geprüften Profilkordinaten werden im DNC-Betrieb in speziell für diesen Einsatzfall entwickelte 2-Koordinaten-Profilschleifmaschinen eingegeben, auf denen die Profile der Schleifscheibengrundkörper innerhalb eines Toleranzbandes von min. 0,0015 mm gefertigt werden.

2.5 Korngrößen

Für Schrupscheiben wird die Korngröße B251, entsprechend $S = 0.230$ mm, verwendet.

Schlichtscheiben werden mit Korngröße B91, entsprechend $S = 0.100$ mm, belegt. Nach einem Kalibrierprozeß liegt die Profilgenauigkeit von Schlichtscheiben je nach Profilgröße innerhalb einer Bandbreite von $\pm 0,003$ mm bis $\pm 0,007$ mm zum Sollprofil.

2.6 Vorteile

Vorteile galvanisch belegter CBN-Profileschleifscheiben gegenüber konventionellen Schleifscheiben sind:

- a.) Kein Abrichten auf der Schleifmaschine. Der Schleifscheiben-Durchmesser bleibt konstant und erfährt somit keine Profiländerungen.
- b.) Keine Abrichtkosten.
- c.) Kein Verschleiß des Abrichtwerkzeuges, der unerkannt als Profilabweichung in den Rotor einfließt und erst beim Messen des fertiggeschliffenen Rotors zutage tritt.
- d.) Kein Schleifscheibenabrieb im ablaufenden Kühlschmieröl und damit geringere Maschinenbelastung.
- e.) Kühler Schliff und hohe Abtragsleistung.
- f.) Das Problem der Schleifscheibenprofilierung wird vom Anwender auf den Schleifscheibenhersteller verlagert, der jede Erneuerung des Schleifbelages mit einem Ist-Profil-Schrieb dokumentiert.

3. Rotornuten-Schleifmaschine RNS 55

3.1 Grundaufbau

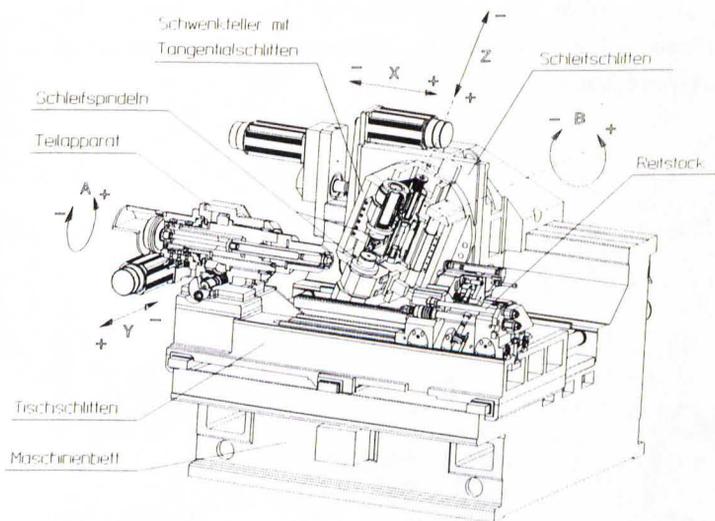


Bild 4: Rotornuten-Schleifmaschine RNS 55

Bild 4 zeigt den Grundaufbau der Maschine ohne die den Einblick behindernden Abdeckungen des Maschinenraumes.

Die Maschine besitzt 5 NC-Achsen, und zwar 2 Drehachsen (A, B) und 3 Linearachsen (X, Y, Z) jeweils mit direkten Wegmeßsystemen.

Auf dem Maschinenbett fährt der Tischschlitten in Y-Richtung zur Einstellung des Achsabstandes zwischen Schleifscheibe und Rotor. Der Tischschlitten trägt den Teilapparat (A-Achse, Rotordrehung) und auf der Gegenseite den Reitstock. An der Wange des Maschinenbettes fährt der Schleifschlitten in Vorschubrichtung der Schleifscheibe (X-Achse). Der Schleifschlitten trägt den auf den Schleifscheiben-Schwenkwinkel einschwenkbaren Schwenkteller (B-Achse). Im Schwenkteller ist in Z-Richtung verfahrbar der Tangentialschlitten gelagert.

In den Tangentialschlitten ist der flüssigkeitsgekühlte Antriebsmotor eingebaut, der über die Zahnriemenscheiben an beiden Wellenenden zwei sich spiegelbildlich gegenüberliegende schnell wechselbare Schleifspindeln antreibt. Die Schleifspindeln nehmen die Schrupp- und die Schlichtschleifscheibe auf. Über die Z-Bewegung des Tangentialschlittens wird die jeweils zum Einsatz kommende Schleifscheibe in den Achskreuzungspunkt gefahren.

3.2 Maschinendaten

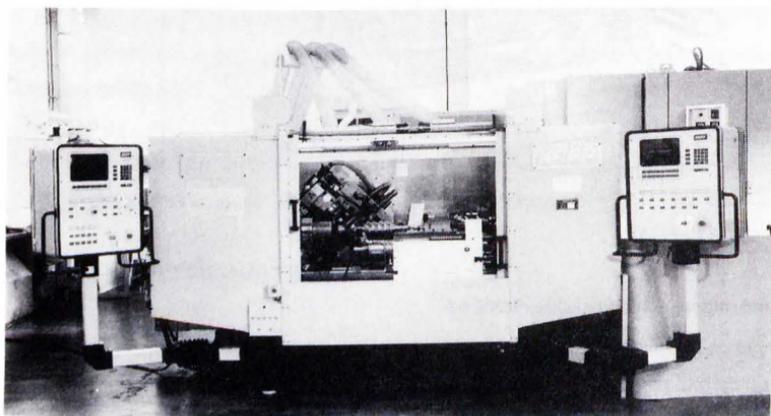


Bild 5: Gesamtansicht der Maschine

Bild 5 zeigt die Gesamtansicht der Maschine mit geöffneten Arbeitsraumtüren.

Maschinendaten:

Antriebsleistung des Schleifmotors	20 kW
Max. schleifbarer Rotordurchmesser	320 mm
Max. schleifbare Ballenlänge	560 mm
Max. Länge des Rotors ü. a.	1400 mm

3.2 Anordnung der Schleifscheiben

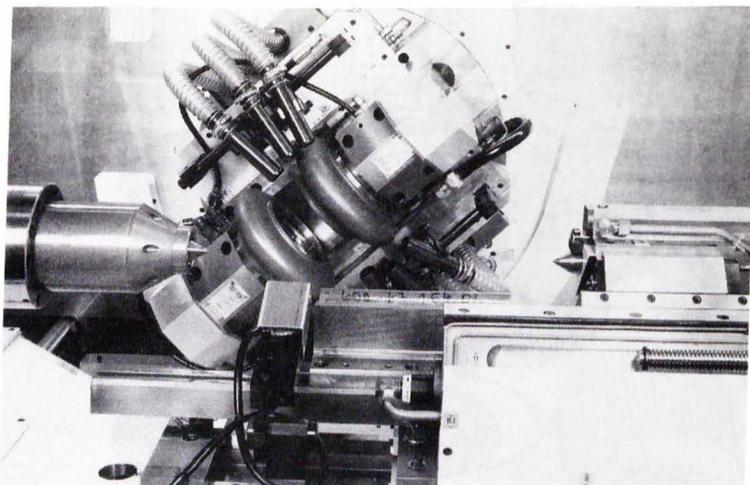


Bild 6: Arbeitsraum der Maschine

Bild 6 zeigt den Arbeitsraum der Maschine mit Schrupp- und Schlichtschleifscheibe zur Bearbeitung von Nebenläufer-Rotoren.

Der Fahrweg des Tangentialschlittens (Z-Achse) ist so ausgelegt, daß Rotoren bis 160 mm Durchmesser ohne Kollisionprobleme mit dieser Schleifscheibenanordnung geschliffen werden können. Bei Rotoren größer 160 mm bis ca. 250 mm Durchmesser wird mit 3D-CAD-Unterstützung die Möglichkeit untersucht, die nicht im Eingriff befindliche Schleifscheibe in einer der Nachbarlücken kollisionsfrei mitlaufen zu lassen.

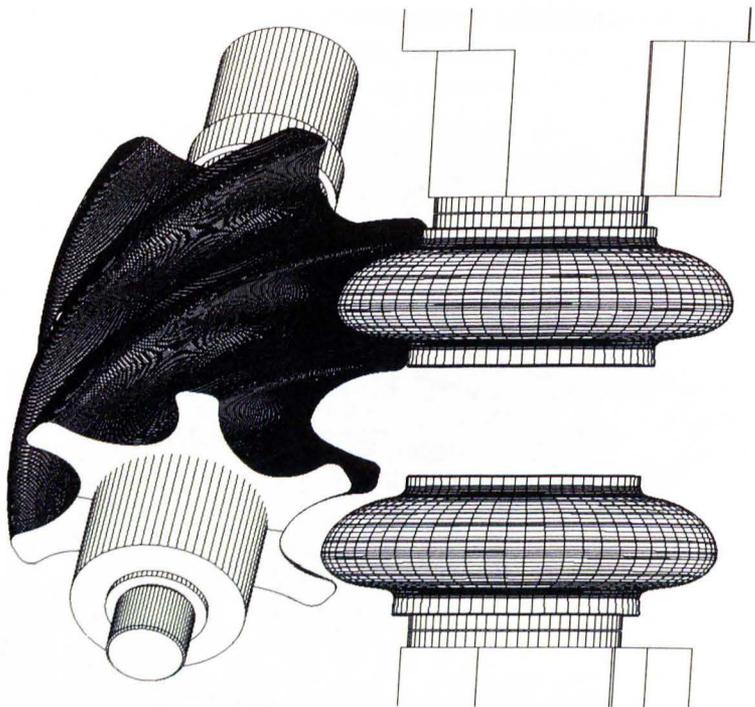


Bild 7: 3D-Kollisionsbetrachtung Rotor / Schleifscheiben

Bild 7 zeigt die Ergebnisse einer solchen Kollisionsbetrachtung am Rechner, die meist zu positivem Resultat, d.h. zu genügend Spielraum der inaktiven Schleifscheibe in einer der Nachbarlücken führt.

3.4 Werkstück-Handling

Der zu schleifende Rotor wird von Hand oder mittels Ladeportal in einer am Reitstock befestigten Ablageschale abgelegt. Die Schale ist so positioniert, daß die Rotormitte ca. 0,5 mm unter der Spitzenmitte liegt.

Beim automatischen Einfüttern wird der Rotor zwischen den Spitzen zentriert und in das an der Teilspindel befestigte hydraulisch betätigte Expansionsspannfutter eingeschoben und an einem qualifizierten Durchmesser gespannt. Die Gegenseite wird von der Reitstockspitze mit programmierbarem Spitzendruck abgestützt (siehe Bild 9).

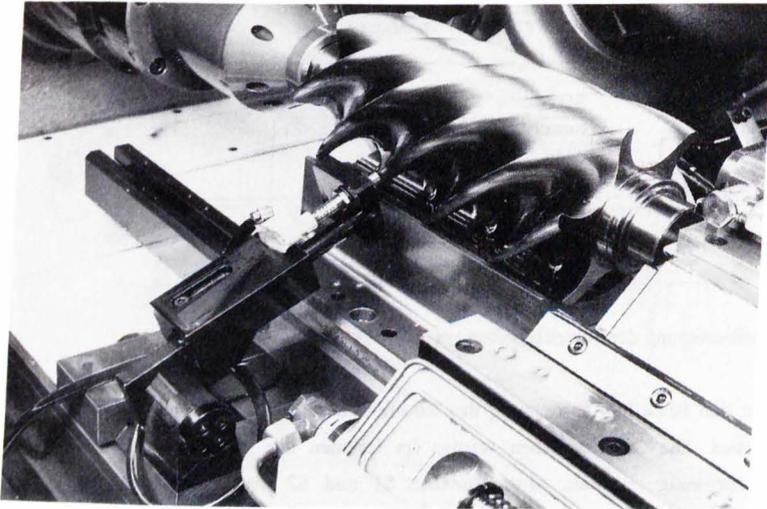


Bild 9: Eingefütterter und gespannter Rotor

3.5 Ausrichten

Zum Ausrichten der vorgefrästen oder vorgegossenen Lückenprofile zur Schleifscheibe tastet der Ausrichtsensor berührungslos die Zahnköpfe des sich drehenden Rotors ab. Dabei werden vom Drehgeber der A-Achse die Winkellagen der Zähne erfaßt. Daraus berechnet die NC-Steuerung die von der A-Achse anzufahrende

optimale Referenz-Drehlage. Aus dieser Referenzlage wird der Rotor vor dem Start des Schleifprogrammes um einen programmierten Winkel gedreht, der vom Bediener beim Einrichten der Maschine einmalig ermittelt wird.

3.6 Schleifprogramm: Schruppen und Schlichten

Das Schleifprogramm beginnt mit dem Durchlauf der Schruppschleifscheibe in ein oder mehreren Hübten pro Rotornute je nach Vorbearbeitungszustand und Material des Rotors. Nach jedem Hub erfolgt eine Zustellung in Y-Richtung. Eine adaptive Regelung sorgt besonders beim ersten Schruppdurchgang für z.B. eine Anpassung des Vorschubs an den Vorbearbeitungszustand des Rotors.

Nach beendetem Schruppdurchgang kann eine Kühlphase in Form mehrerer Umdrehungen des Rotors im vollen Schleifölstrom notwendig werden.

Anschließend erfolgt nach dem Wechsel der Schleifscheibenpositionen das Schlichten in einem Doppelhub pro Rotornute. In dieser Bearbeitungsphase kann das Schleifen des Fußkreisdurchmessers analog Kapitel 3.9 meßgesteuert erfolgen.

3.7 Kühlschmierung

Der Schleifstelle werden aus Düsen beidseits der Schleifscheibe 400 Liter Kühlschmieröl pro Minute mit ca. 1,5 bar zugeführt. Das Kühlschmieröl sorgt für einen reibungsarmen und kühlen Spanablauf an den CBN-Kristallen und für den Abtransport der Späne aus den Spankammern der Schleifscheibe über den Maschinenraum in den hinter der Maschine stehenden Kühlschmierbehälter, dessen Fassungsvermögen 4000 Liter beträgt.

Hier erfolgt das Abscheiden der Späne über Unterdruck-Bandfilter oder Anschwemmfilter je nach Art des bearbeiteten Materials. Ein im Behälter integrierter Rückkühler hält über einen raumtemperaturgeführten 3-Punkt-Regler die Öltemperatur ständig auf Raumtemperatur.

3.8 Schleifprogramm: Schruppen oder Schlichten

Falls aufgrund des Rotordurchmessers und/oder der Profildicke der Schleifscheibe nicht mit der 2-Spindel-Anordnung gearbeitet werden kann, werden die beiden schnell wechselbaren Schleifspindeln gegen eine solche mit verstärkter Lagerung ausgetauscht. Auf dieser verstärkten Spindel können Schleifscheiben mit 280 mm Durchmesser und bis zu 160 mm max. Profildicke und 75 mm max. Profilhöhe aufgenommen werden.

Die bis zu 60 kg schweren Schleifscheiben werden außerhalb der Maschine auf die Schleifspindel montiert. Zur Montageerleichterung wird die Schleifspindel in einer Schwenkvorrichtung in senkrechte Lage mit dem Aufnahmzapfen nach oben geschwenkt und in waggerechter Lage von einem Krangeschirr zur Montage in der Maschine übernommen.

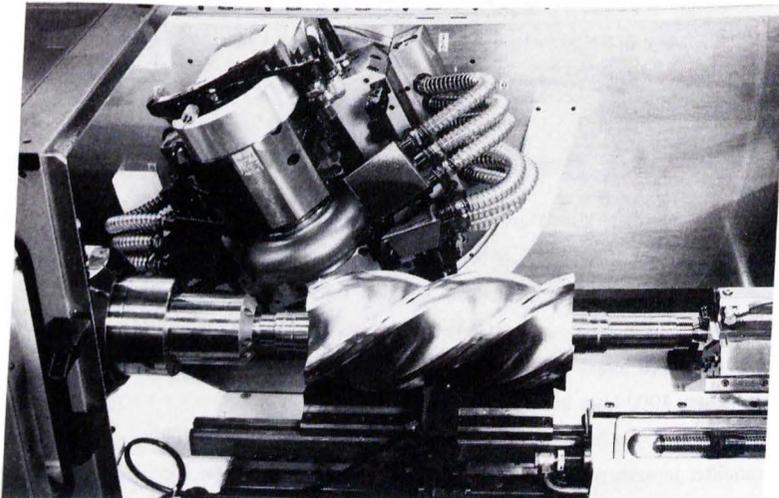


Bild 10: Verstärkte Schleifspindel

Bild 10 zeigt die verstärkte Schleifspindel im Maschinenraum. Die Schrupp/Schlichtbearbeitung in einer Aufspannung ist jetzt nicht mehr möglich. Die Rotorserie wird im 1. Durchgang geschruppt und im zweiten Durchgang fertiggeschliffen, d. h. in zwei Aufspannungen bearbeitet.

3.9 Feinausrichten

Da das Schleifaufmaß zum Schlichten nach der Schruppbearbeitung pro Fläche nur noch 0,05..0,08 mm beträgt, muß das Rotorprofil vor dem Fertigschleifen, d.h. in der 2. Aufspannung besonders sorgfältig zur Schlichtscheibe ausgerichtet werden. Dazu wird der über der Schleifspindel angebrachte Renishaw-Taster mittels der B-Achse auf Spitzenmitte eingeschwenkt und in eine vorher über Sensor (Bild 9) vorausgerichtete Rotorlücke gefahren. Anschließend werden durch Drehen der A-Achse beide Rotorflanken vom schaltenden Taster angetastet.

Aus dem Drehwinkel zwischen den Schaltpunkten berechnet die NC-Steuerung eine von der A-Achse anzufahrende Referenz-Drehlage, aus der heraus der Rotor um einen programmierten Winkel in die bestpassende Lage zur Schlichtscheibe gedreht wird.

3.10 Meßsteuerung

Der RENISHAW-Taster wird weiterhin zum meßgesteuerten Schleifen des Fußkreisdurchmessers eingesetzt. Besonders bei Rotoren mit ungerader Zähnezahl beseitigt diese Möglichkeit die Meßunsicherheit an der Maschine.

Der Meßgang erfolgt in der ersten geschichteten Rotornute vor der letzten Schlichtzustellung durch Antasten des noch übermaßbehafteten Fußkreisdurchmessers. Im gleichen Meßgang wird ein Referenzdurchmesser am Spannfutter angetastet. Aus den zu beiden Tastpunkten gehörenden Y-Positionen und dem eingegebenen Referenzdurchmesser berechnet die NC den letzten Schlicht-Zustellbetrag, der an allen Nuten dieses Rotors wiederholt wird. Der Meßgang muß nicht an jedem Rotor wiederholt werden. Die Meßintervalle sind frei programmierbar. Der Schlicht-Zustellbetrag bleibt erhalten, bis dieser durch einen neuen Meßgang überschrieben wird.

Die Streubreite meßgeschliffener Fußkreisdurchmesser einer Werkstückserie liegt bei entsprechendem Maschinenumfeld innerhalb 0,008 mm.

3.11 Verschleißkompensation

Der langsam voranschreitende Verschleiß des Profils der Schlichtschleifscheibe führt dazu, daß die Profillücken am Rotor enger werden. Dieser Trend wird durch eine Drehzustellung der „steilen“ Profilflanke gegen die Schleifscheibe vor dem letzten Schlichthub kompensiert.

Zur Ermittlung der Größe der Drehzustellung wird die Kugel des RENISHAW-Tasters über einen NC-Befehl in der fertiggeschliffenen Profillücke auf einen festgelegten Meßradius gefahren. In dieser Position werden durch A-Achsendrehung beide Flanken angetastet. Aus dem sich daraus ergebenden Ist-Drehwinkel und dem eingegebenen Soll-Drehwinkel wird von der NC-Steuerung ein Zustellbetrag der A-Achse errechnet, der vor dem letzten Schlichthub ausgeführt wird. Auch diese Prüfintervalle sind frei programmierbar.

4. Rotornuten-Schleifzentrum RSZ 51

4.1 Einsatzmöglichkeiten

Auf diesem Schleifzentrum wird die komplette Schleifbearbeitung von Rotoren bis ca. 110 mm Ballendurchmesser in einer Aufspannung ausgeführt, d.h. alle qualifizierten Durchmesser und Planschultern werden von dem Profilschleifen auf der Maschine fertiggeschliffen. Aus Kostengründen wird die komplette Schleifbearbeitung vorzugsweise an Gußrotoren mit präzise vorgegossenem Schraubenprofil eingesetzt. Es handelt sich in der Regel um Rotoren, die in größeren Stückzahlen gefertigt werden. Die Zapfen und Planschultern sind mit Schleifaufmaß vorgedreht. Das Vorfräsen der Schraubenprofile entfällt.

Auch Rotoren aus Aluminium auf Stahlwelle können auf der Maschine komplett bearbeitet werden, wobei hier das Schleifen der Schraubenprofile aus dem Vollen mittels galvanisch belegter, abrichtfreier Diamant-Profilscheiben durchaus wirtschaftlich ist.

4.2 Grundaufbau der Maschine

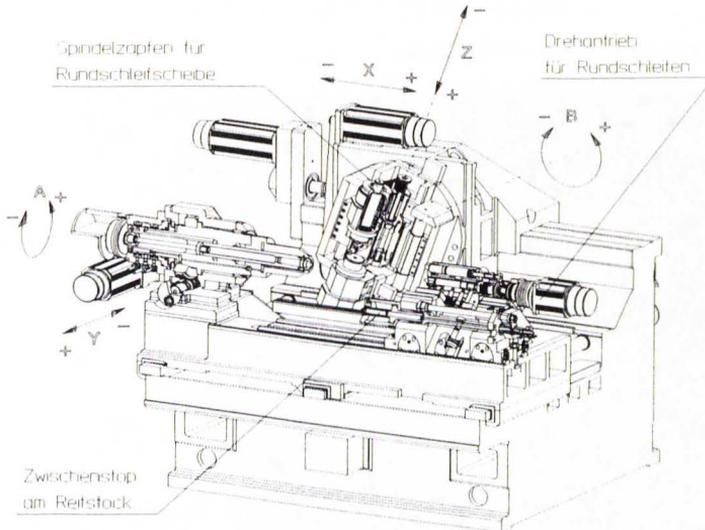


Bild 11: Rotormuten-Schleifzentrum RSZ 51

Bild 11 zeigt den Grundaufbau, der im wesentlichen dem von Bild 4 entspricht, erweitert um die Bauteile:

- a.) Drehantrieb am Reitstock zum Antrieb der Reitstockspitze beim Rund- und Planschleifen.
- b.) Stufenlos einstellbarer Zwischenstop am Reitstock zum Rund/Planschleifen zwischen Spitzen vor dem Einfüttern zum Profilschleifen.
- c.) Schleifspindel zur Aufnahme einer CBN-Profilschleifscheibe (160 mm Durchmesser) mit zusätzlichem Spindelzapfen für eine abrictbare keramisch gebundene Rund/Planschleifscheibe (250 mm Durchmesser).

4.3 Rund- und Planschleifen

Diese Bearbeitung erfolgt vor dem Profilschleifen.

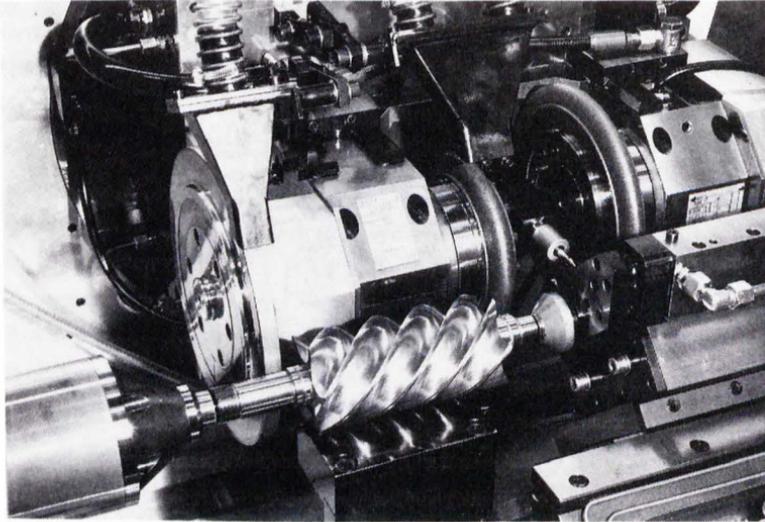


Bild 12: Spannsituation beim Rund- und Planschleifen

Bild 12 zeigt den Arbeitsraum beim Rund- und Planschleifen. Die Schleifspindelachse liegt waagrecht und damit parallel zur Rotorachse. Die 20 mm breite keramisch gebundene Rund-/Planschleifscheibe (vorzugsweise keramisch gebundener CBN-Belag auf Stahlgrundkörper) wird auf der Maschine am Umfang und den Planflächen abgerichtet.

Der RENISHAW-Taster ist zwischen den Profilscheiben angeordnet und übernimmt neben den im Kapitel 3.10 und 3.11 beschriebenen Funktionen die Lagerfassung einer Planschulter vor dem Planschleifen und das meßgesteuerte Schleifen der qualifizierten Durchmesser, das analog dem meßgesteuerten Schleifen des Fußkreisdurchmessers (s. Kapitel 3.10) abläuft.

Der zwischen Spitzen gespannte Rotor wird von der diamantbelegten Reitstockspitze (rechts) mit programmierbarer Drehzahl 100.. 350 min⁻¹ angetrieben.

Die im Spannfutter zentrisch gespannte Teilapparatspitze (links) fungiert als feste Spitze und versorgt über eine Axialbohrung die Rotorzentrierung mit Kühlschmieröl.

4.4 Profilschleifen

Nach beendetem Rund-/Planschleifen wird der soeben fertiggeschliffene linke Rotorzapfen in das Futter eingeschoben und gespannt (Bild 13).

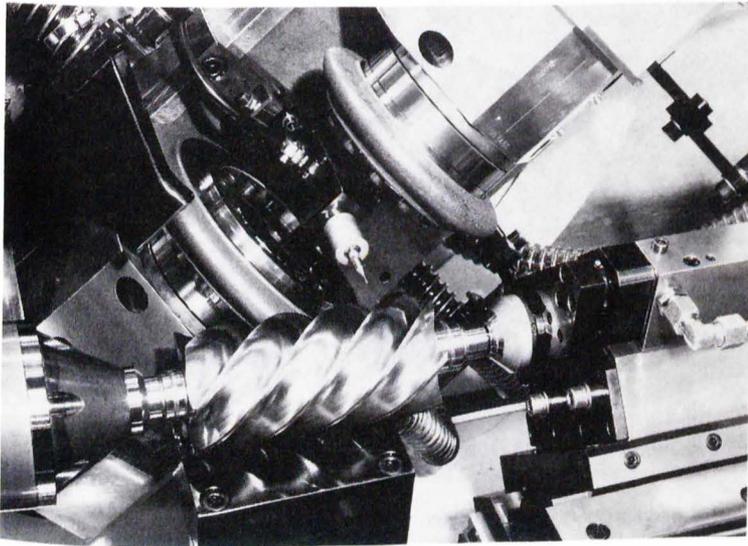


Bild 13: Spannsituation beim Profilschleifen

Nach dem Ausrichten des Rotorprofils zur Schleifscheibe über einen in die Ablageschale integrierten Sensor läuft das Profil-Schleifprogramm wie im Kapitel 3.6 beschrieben ab.

4.5 Hochproduktives und hochpräzises Profilschleifen von Kälteverdichtern

Ein weiterer Schritt zur Verkleinerung der in der Profildgenauigkeit zusammengefaßten Bestimmungsgrößen:

Steigungstoleranzen

Teilungstoleranz

Formtoleranz

an Kälteverdichtern mit bis zu ca. 60 mm Achsabstand auf der Maschine RNS 51 oder RSZ 51 ist die Verwirklichung der Idee, den Teilkreiszyylinder an Haupt- und Nebenläufer in höchster Präzision zu fertigen.

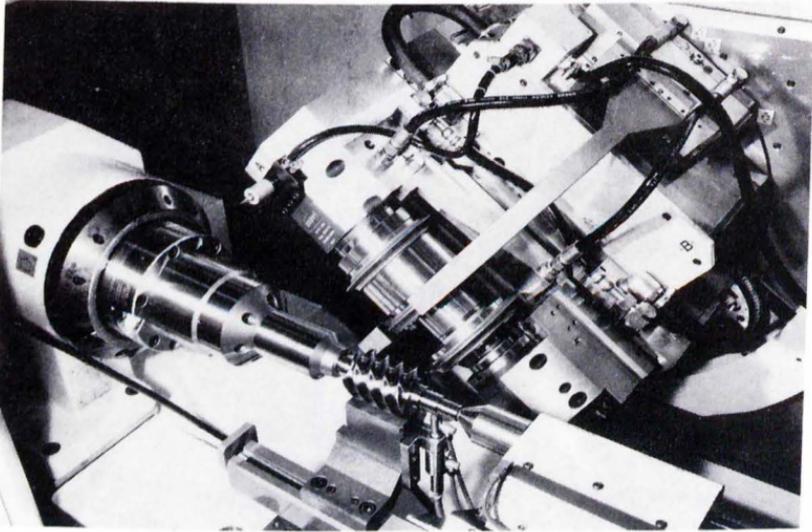


Bild 14: 3-Scheibenkonzept für Kälteverdichter

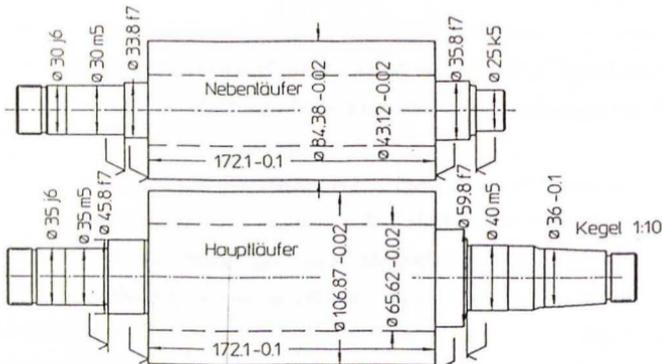
Die Idee wird durch das 3-Scheibenkonzept realisiert, wie im Bild Nr. 14 gezeigt, und zwar in folgender Form:

- a.) Schruppen des mit 0,3 bis 0,5 mm Aufmaß vorgefrästen Profils mit einer in der Mitte angeordneten grobkörnigen CBN-Profilscheibe (B 151)
- b.) Schlichten des mit 0,05 mm Aufmaß vorgeschruppten Profils mit der unten angeordneten Schlichtscheibe (B54) innerhalb einer Formtoleranz von ± 0.005 mm, wobei die Schleifscheibe so ausgelegt ist, daß im Bereich des Teilkreiszyinders eine ca. 3 mm breite, um 0,02 mm erhöhte Spur stehenbleibt.
- c.) Feinschlichten der Spur am Teilkreiszyinder mit der oben angeordneten Feinschlichtscheibe (B25), die im Profil bis auf den Bereich am Teilkreis so zurückgesetzt ist, daß die feinzuschlichtende Teilzylinderspur mit einer gewissen Überlappung überdeckt wird.

Die den Wirkungsgrad des Rotorpaares bestimmenden Profilsegmente können auf diese Weise in der Serienfertigung in höchster Präzision geschliffen werden.

Die Meßwerte liegen innerhalb des aus den 3 Bestimmungsgrößen kombinierten Toleranzbandes von 0,004 mm.

4.6 Bearbeitungsbeispiel für Komplettbearbeitung auf RSZ 51



Komplettbearbeitung eines Schraubenverdichterrotorpaares

Gesamtbearbeitungszeit für HL+NL=27min

Material: GGG40

Profil vorgewossen: Aufmaß am Fußkreis ca. 4mm

Zapfen, Ballen und Schülern vorgedreht: Aufmaß 0.1mm pro Fläche

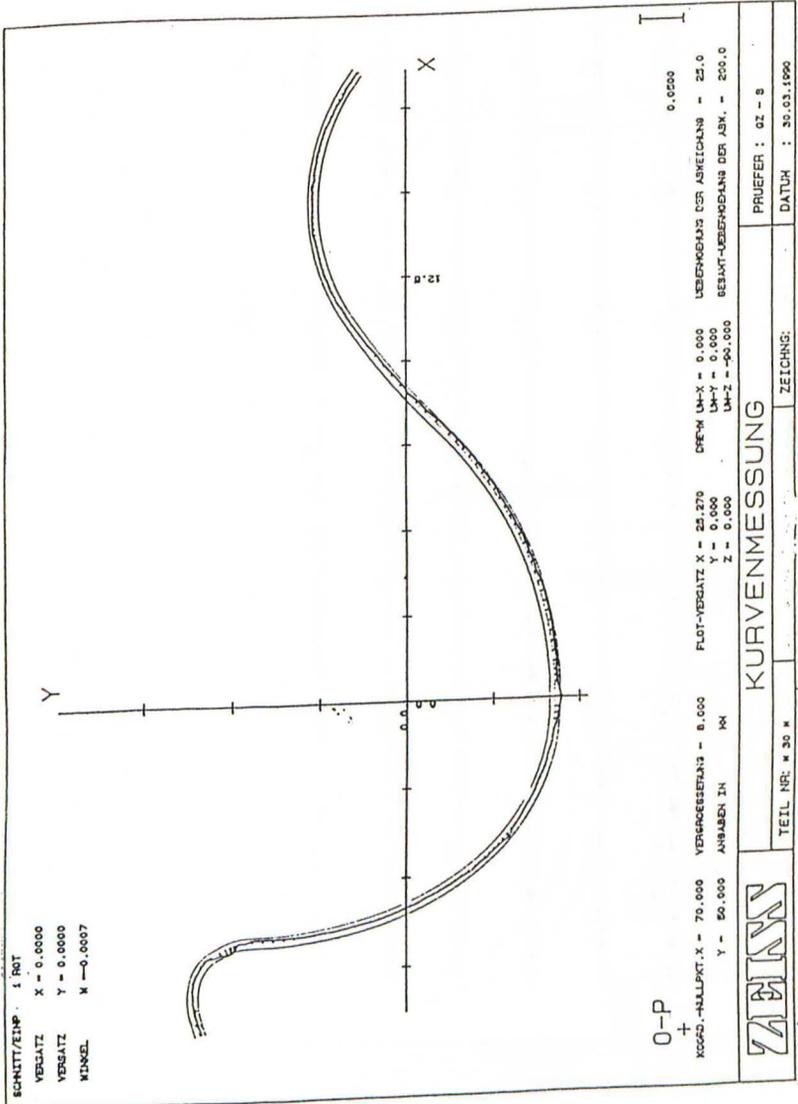
Schleifprogramm

	Hauptläufer	Nebenläufer
NC-Laufzeit	13.75 min	13.25 min
Rundschleifen		
Scheiben- \varnothing	270 mm	270 mm
Scheibendrehzahl	5000 1/min	5000 1/min
Schnitlgeschw.	70.5 m/s	70.5 m/s
Werkstückdrehzahl	250 1/min	250 1/min
Axialvorsch. Zapfen	150 mm/min	150 mm/min
Axialvorsch. Ballen	250 mm/min	250 mm/min
Radialvorsch.	75 mm/min	75 mm/min
Zwischenzeit für Rundschleifen, inkl. Meßzeit	3.8 min	3.1 min
Profilschleifen-Schruppen		
Scheiben- \varnothing	180 mm	180 mm
Scheibendrehzahl	4000 1/min	4000 1/min
Schnitlgeschw.	37.5 m/s	37.5 m/s
Anzahl der Schnitte	4	4
Zustellung/Vorschub		
Schnitt 1	ca. 1.5 mm / 1200 mm/min	ca. 1.5 mm / 1200 mm/min
Schnitt 2	1.2 mm / 1500 mm/min	1.2 mm / 2000 mm/min
Schnitt 3	0.75 mm / 1500 mm/min	0.75 mm / 2500 mm/min
Schnitt 4	0.55 mm / 2000 mm/min	0.55 mm / 2500 mm/min
Stundmenge eines Schleifbälages	500 Rotoren	425 Rotoren
Profilschleifen-Schlichten		
Scheiben- \varnothing	240 mm	240 mm
Scheibendrehzahl	3000 1/min	3000 1/min
Schnitlgeschw.	37.5 m/s	37.5 m/s
Anzahl der Schnitte	2	2
Zustellung/Vorschub		
Schnitt 1	0.05 mm / 1000 mm/min	0.05 mm / 1200 mm/min
Schnitt 2 meßgesteuert	0.03 mm / 1000 mm/min	0.03 mm / 1000 mm/min
Stundmenge eines Schleifbälages	1500 Rotoren	1250 Rotoren

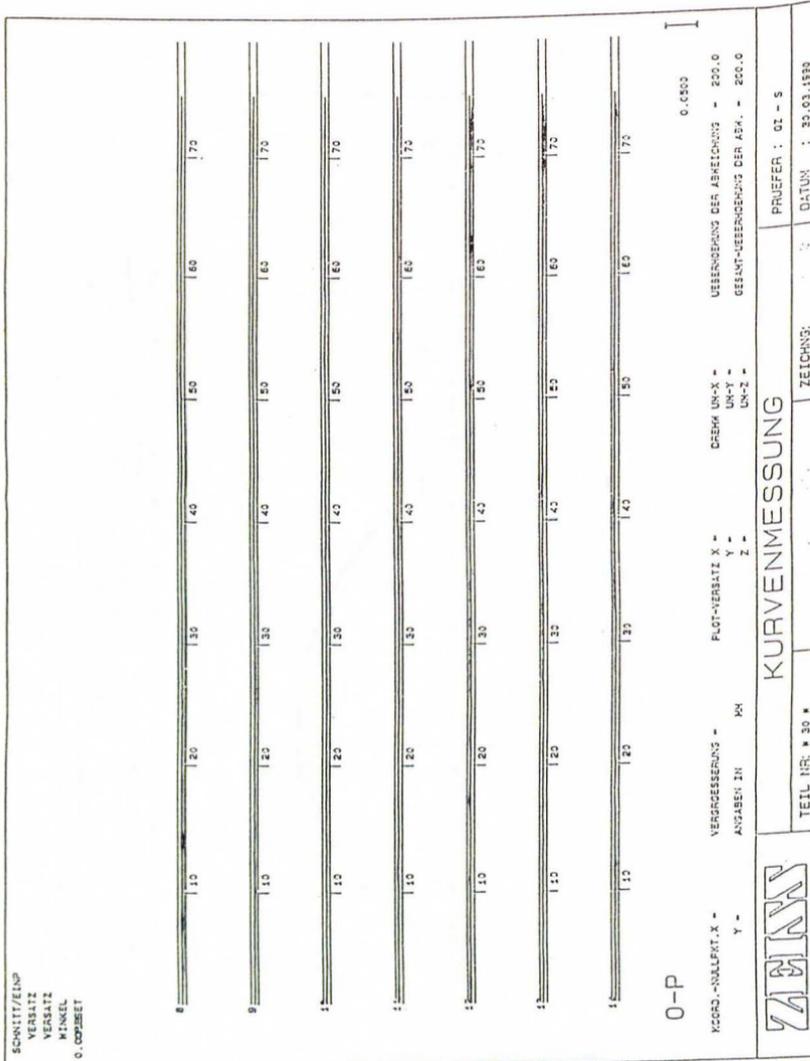
4.7 Meßprotokolle

zum Bearbeitungsbeispiel 4.6

4.7.1 Profil des Nebenläufers



4.7.2 Steigung des Nebenläufers



4.7.3 Teilungsmessung-Nebenläufer

MESSPROTOKOLL ZEISS UMESS

CNC-ABLAUF

 ZEICHNUNGS NR | AUFTRAGS NR | LIEFERANT/KUNDE | ARBEITSGANG
 | | | RSZ 531 CNC
 PRUEFER | DATUM | TEIL-NR |
 QZ - S | 30.03.1990 | * 30 * |

 ADRIRKF | AUFGABE | BEZ | SY1 | ISTRASS | NENNMASS | O.TOL | U.TOL | ABW | UEB

SOLLTEILUNG (MM) = 0.0000
 UOH 28 BIS 28
 UOH 31 BIS 31
 UOH 34 BIS 34
 UOH 37 BIS 37
 UOH 40 BIS 40
 UOH 43 BIS 43
 UOH 46 BIS 46
 UC 49 BIS 49

TEILUNGSMESSUNG (LINEARTEILUNG)

NR	POS	f _p	F _p	f _u
1/2	0.0194	-0.0049	-0.0049	
2/3	0.0173	-0.0021	-0.0021	0.0023
3/4	0.0159	-0.0014	-0.0014	0.0007
4/5	0.0160	0.0000	-0.0014	0.0014
5/6	0.0173	0.0013	-0.0021	0.0012
6/7	0.0199	0.0026	-0.0045	0.0013
7/8	0.0238	0.0039	-0.0006	0.0013

4.7.4 Rundheit von z.B. Durchmesser 40m5 des Hauptläufers

