

## Verzahnungsschleifen in der Serie – Wirtschaftlichkeit braucht mehr als nur kurze Schleifzeiten



Der Anteil hartfeinbearbeiteter Verzahnungen hat in den letzten Jahren, insbesondere im Bereich der Fahrzeugtechnik erheblich zugenommen. Grund dafür sind in erster Linie die gestiegenen Anforderungen an diese Verzahnungen hinsichtlich Festigkeit und Geräusentwicklung. Voraussetzung für diese Entwicklung waren allerdings auch signifikante Fortschritte bei den eingesetzten Bearbeitungsmaschinen und Technologien, die den früheren Kostennachteil der Hart- gegenüber der Weichfeinbearbeitung vollständig kompensiert haben.

Auf Seiten des Bearbeitungsverfahrens dominiert in diesem Segment heute klar das kontinuierliche Wälzschleifen (Abbildung 1) unter Verwendung eines schneckenförmigen Werkzeuges. Dieses Werkzeug wird in Achskopplung mit dem verzahnten Werkstück abgewälzt und auf diese Weise ein kontinuierlicher Materialabtrag realisiert.

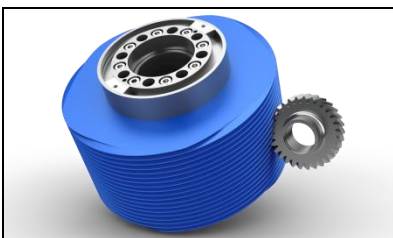


Abbildung 1:  
Kontinuierliches Wälzschleifen mit  
schneckenförmigem Werkzeug

Um dieses produktive Verfahren auch maschinenseitig wirtschaftlich umzusetzen, kommen in diesem Segment heute hauptsächlich zwei Grundtypen von Bearbeitungsmaschinen zum Einsatz:

- Maschinen mit einer ortsfesten Werkstückspindel und einem integrierten Beladesystem (Abbildung 2)
- Maschinen mit zwei auf einem Rundschalttisch angeordneten Werkstückspindeln und externem Beladesystem (Abbildung 3)

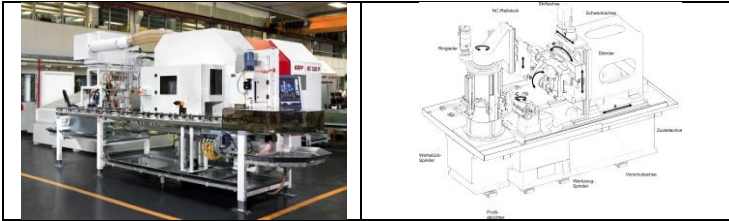


Abbildung 2:  
Maschinenkonzept mit einer Werkstückspindel und integriertem Beladesystem (Ringlader)

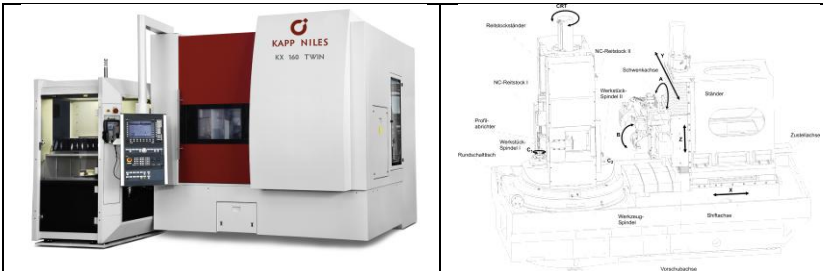


Abbildung 3:  
Maschinenkonzept mit zwei Werkstückspindeln und externem Beladesystem

### Entscheidungskriterien bei der Maschinenauswahl für das Verzahnungsschleifen

Die Entscheidung, welcher dieser Maschinen-Grundtypen für den jeweiligen Anwendungsfall der geeignete ist, wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Seitens der Werkstücke seien hier beispielhaft die Kriterien Bauteilabmessungen, Losgrößen, Jahresstückzahlen aber auch der Materialfluss genannt, auf Seiten der eingesetzten Bearbeitungsmaschine hauptsächlich die Unterschiede in Prozesshaupt- und Nebenzeiten, Rüstzeiten und letztlich auch Kosten für Maschine und erforderliche Automationseinrichtungen.

Vergleicht man die beiden o.g. Maschinentypen hinsichtlich der Prozessnebenzeiten, erkennt man einen erheblichen Vorteil auf Seiten der mit zwei Werkstückspindeln auf einem NC-Rundtisch ausgeführten Maschine. Begründet ist dies mit der Möglichkeit, nahezu alle nebenzeitrelevanten Funktionen mit der eigentlichen Bearbeitung zu überlagern (Abbildung 4). Lediglich das Schwenken des NC-Rundtisches bleibt als Nebenzeit erhalten. Entsprechend findet dieses Maschinenkonzept hauptsächlich dort Anwendung, wo große Losgrößen bzw. Stückzahlen zu einer Optimierung der Bearbeitungszeiten zwingen.

Maschinenkonzepte im Vergleich		
Werkstückspindeln	1	2
Position Werkstückspindel(n)	fest	NC-Rundtisch
Position Werkzeugträger	fest	fest
Beladeeinrichtung	integriert	extern
<b>Nebenzeiten</b>		
Beladen	X	überlagert
Spannen	X	
Ausrichten	X	
Werkstück beschleunigen	X	
Drehung		X
NC-Rundtisch		
Werkstück abbremsen	X	überlagert
Entspannen	X	
Entladen	X	
<b>Nebenzeit im Vergleich</b>	100%	50%

Abbildung 4:  
Vergleich der Maschinenkonzepte hinsichtlich Nebenzeit

Als nachteilig am zweispindligen Maschinenkonzept erweisen sich dagegen die Rüstaufwände. Muss bei der Maschine mit einer Werkstückspindel nur ein Spannsystem mechanisch gerüstet und eingefahren werden, geht dies bei der zweispindligen Maschine natürlich mit dem Faktor 2 in die Betrachtung ein. Dementsprechend genießen heute im Bereich der flexiblen Fertigung mittlerer und kleiner Serien mit hoher Rüstfrequenz weiterhin Maschinenkonzepte mit einer Werkstückspindel eine breite Akzeptanz.

Hinzu kommt, dass dieses Maschinenkonzept mit internem Beladesystem ausgeführt werden kann. Der in den Maschinenaufbau integrierte Ringlader ermöglicht kurze Werkstückwechselzeiten und ist externen Beladesystemen kostenseitig im Regelfall überlegen. Für den Maschinenbediener ergibt sich zudem der Vorteil, alle Funktionen der Maschine – auch der Automation – über die maschineninterne Steuerung der Maschine einrichten und bedienen zu können. Aufwände wie zusätzliche Schulungen oder das Vorhalten von Ersatzteilen für eine separate Automationssteuerung entfallen.

### Verbesserungspotenzial durch ein neues Maschinenkonzept

Um weitere Ratiopotentiale sowohl im Bereich der Mittel-/Kleinserie als auch der Großserie zu heben, bleibt damit für den Maschinenhersteller die Herausforderung, die Vorteile beider o.g. Ausführungen zu einem neuen Konzept zu kombinieren.

Dazu war es erforderlich, ein Maschinenkonzept zu entwickeln, das gleichermaßen alle nachfolgenden Anforderungen realisiert:

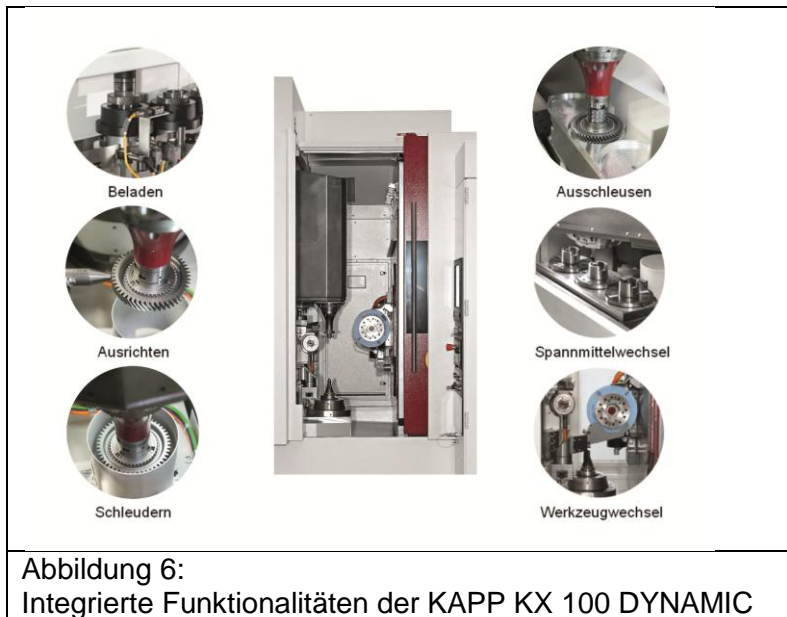
- kurze Nebenzeiten
- kurze Rüstzeiten
- integriertes Automationskonzept

Die Kombination dieser Merkmale führte letztlich zu einer Abkehr von bisher eingesetzten Konstruktionsprinzipien im Bereich der Verzahnungs-Hartfeinbearbeitung hin zu einer mit zwei Werkstückspindeln ausgerüsteten Verzahnungsschleifmaschine mit Pick-Up-Konzept, der KAPP KX 100 DYNAMIC.

Dieses patentierte Maschinenkonzept verfügt über zwei Pick-Up-Werkstückspindeln, welche an zwei unabhängig voneinander schwenkbaren parallelen Säulen angebracht sind (Abbildung 5).



Während sich eine der beiden Säulen bzw. Werkstückspindeln in der Bearbeitungsposition befindet und die Verzahnung geschliffen wird, können mit der zweiten Werkstückspindel alle nebenzeitrelevanten Funktionen realisiert werden. Neben dem eigentlichen Beladevorgang am Bereitstellungband betrifft das insbesondere das Ausrichten der Verzahnung zum Schleifwerkzeug, das Abschleudern des Schleiföles nach der Bearbeitung und das Ausschleusen von SPC- und NIO-Teilen (Abbildung 6). Ein externes Beladesystem mit entsprechenden Zusatzeinrichtungen zum Schleudern der Bauteile bzw. zum Ausschleusen ist nicht mehr erforderlich.



Mit der Integration dieser Funktionalitäten in den Maschinenaufbau können auch die Rüstaufwände auf ein Minimum gesenkt werden. Durch die direkte Aufnahme der Bauteile vom Band durch das Spannmittel entfallen werkstückabhängige Greifersysteme. Die über die NC-Achsen anfahrbare Ausrichteinrichtung eliminiert den manuellen Einstellvorgang. Die integrierte Schleudernfunktion ersetzt vollständig eine externe Schleudereinrichtung mit entsprechendem Rüstaufwand. Auf Seiten des Schleifwerkzeuges verfügt die Maschine standardmäßig über eine halbautomatische Rüstsequenz, mit der die Schleifschnecke ohne Werkzeug gewechselt und in einer für den Bediener ergonomisch günstigen Position bereitgestellt werden kann.

Völlig neu im Bereich der Verzahnungshartbearbeitung ist auch die Möglichkeit eines vollautomatischen Wechsels der Spannmittel. Durch die Kombination von HSK-Schnittstelle am Spannsystem und Pick-Up-Funktionalität der Werkstückspindeln können die benutzten Spannmittel automatisch in einen Spannmittelträger abgelegt und neue Spannmittel aus diesem aufgenommen werden. Ein manueller Eingriff ist dabei nicht mehr erforderlich.

Mit all den genannten integrierten Funktionalitäten entstand damit erstmals ein durchgängiges Maschinenkonzept, das nicht nur kürzeste Bearbeitungszeiten (Haupt- und Nebenzeiten) ermöglicht, sondern auch die weiteren für die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage gleichermaßen relevanten Faktoren (Peripheriekosten, Rüstaufwände, Platzbedarf, Schulungsaufwand) berücksichtigt.

## Komplettbearbeitung von Zahnrädern nach der Wärmebehandlung

Betrachtet man zudem die komplette Prozesskette der Zahnrad-Hartfeinbearbeitung nach der Wärmebehandlung, zeigt sich ein weiterer Vorteil des Maschinenkonzeptes der KAPP KX 100 DYNAMIC. Durch das Pick-Up-Konzept kann die Maschine mit minimalem Aufwand mit einer vertikalen Pick-Up-Dreh-/Schleifmaschine und zentralem Bereitstellungsband zu einer kompletten Fertigungszelle zur Hartfeinbearbeitung von Zahnrädern kombiniert werden. Diese Bearbeitungszelle – die WEISSER-KAPP MultiCELL – setzt damit einen neuen Standard in der wirtschaftlichen Komplettbearbeitung von Zahnrädern nach der Wärmebehandlung bis zu einem max. Werkstückdurchmesser von 125 mm.



Abbildung 7:  
WEISSER-KAPP MultiCELL zur Komplettbearbeitung von Zahnrädern