

# Bibliografische Beschreibung

Martens, Knut

## Thema

Werkzeugwechselkonzepte für Bearbeitungszentren mit kurzer Werkzeugeingriffszeit  
Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Chemnitz,  
Professur für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse

- Seitenzahl: 196
- Anzahl der Abbildungen: 43
- Anzahl der Tabellen: 25
- Anzahl der Literaturzitate: 61

## Referat

Vor dem Hintergrund innovativer Zerspanungstechnologien und damit einhergehend kürzeren Werkzeugeingriffszeiten erlangt die Verringerung der Nebenzeiten einen immer höheren Stellenwert bei der Erhöhung der Produktivität des Fertigungssystems Bearbeitungszentrum. Die Größe der Nebenzeiten wird vor allem von den Zeiten für Positioniervorgänge und den Zeiten für den automatischen Werkzeugwechsel in den Bearbeitungszentren bestimmt. Die Realisierung eines schnellen Werkzeugwechsels stellt sich als immer bedeutenderer Aspekt bei der Realisierung eines hochproduktiven Gesamtproduktes Werkzeugmaschine dar. Die vorliegende Arbeit ordnet die Vielzahl der am Markt für Bearbeitungszentren vorhandenen Werkzeugwechsel-Konzepte einer Systematik zu. Zur Beurteilung unterschiedlicher Werkzeugwechsler wird ein Anforderungsprofil für Werkzeugwechseleinrichtungen definiert. Das wesentliche Kriterium für die Auslegung eines Werkzeugwechslers ist die erreichbare Span-zu-Span-Zeit, weshalb in der vorliegenden Arbeit die Beurteilung unterschiedlicher Werkzeugwechsel-Konzepte in erster Linie durch die zu erreichende Span-zu-Span-Zeit erfolgt. Es werden die Zusammenhänge zwischen kinematischem Aufbau des Bearbeitungszentrum und erreichbarer Span-zu-Span-Zeit erarbeitet. Die Arbeit definiert die Einsatzgrenzen für das Implementieren zusätzlicher Baugruppen zum Erzielen kürzerer Werkzeugwechselzeiten. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden mathematische Zusammenhänge zwischen der Erhöhung der Antriebsdynamik der Bewegungsachsen und der dadurch erreichbaren Verkürzung der Nebenzeiten insbesondere der Span-zu-Span-Zeit erarbeitet.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>Technisch-wissenschaftlicher Erkenntnisstand</b> .....	<b>19</b>
2.1	Die Span-zu-Span-Zeit als herausragendes Merkmal eines Werkzeugwechslers.....	19
2.2	Die Reduzierung des Zeitanteils für den automatischen Werkzeugwechsel in wissenschaftlichen Publikationen .....	22
2.3	Aus der Fertigungsaufgabe resultierende Randbedingungen für einen schnellen Werkzeugwechsel .....	27
2.4	Ausführungsvarianten von automatischen Werkzeugwechslern in Bearbeitungszentren.....	29
<b>3</b>	<b>Ziel und Vorgehensweise</b> .....	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>Anforderungsprofil für Werkzeugwechselsysteme</b> .....	<b>41</b>
4.1	Anforderungen mit Einfluss auf das Bearbeitungsergebnis sowie auf die Haupt- und Nebenzeiten des Bearbeitungsprozesses .....	41
4.2	Anforderungen bezüglich der Zuverlässigkeit des Werkzeugwechslers und des Bearbeitungsprozesses, der Wartungsfreundlichkeit, der Bedienbarkeit und des Aufwandes für die technologische Prozessvorbereitung .....	42
4.3	Anforderungen bezüglich des technischen Aufwandes und der Kosten des Werkzeugwechselkonzeptes .....	43
<b>5</b>	<b>Definition von Funktionalitäten beim Werkzeugwechsel</b> .....	<b>45</b>
5.1	Zeitbestimmende Basisfunktionalitäten .....	45
5.2	Funktionalitäten während der Werkzeugeingriffszeit .....	55
5.3	Weitere Funktionalitäten .....	56

<b>6</b>	<b>Analyse und Systematik von Werkzeugwechsel-Konzepten an kompakten Bearbeitungszentren .....</b>	<b>59</b>
<b>6.1</b>	<b>Zusammenhänge zwischen der Anordnung des Werkzeug-Magazins, den Funktionalitäten des Werkzeugwechsels und der Span-zu-Span-Zeit am Beispiel vertikaler Bearbeitungszentren .....</b>	<b>60</b>
6.1.1	Anordnung des Werkzeug-Magazins bei Maschinen in Fahrständer-Bauweise .....	62
6.1.2	Anordnung des Werkzeug-Magazins bei Maschinen in Portal-Bauweise .....	65
6.1.3	Zusammenhang zwischen dem kinematischem Aufbau des Bearbeitungszentrums und dem Umfang der Werkzeugwechselbaugruppe .....	63
6.1.4	Übersicht zur Anordnung des Werkzeug-Magazins .....	66
6.1.5	Berechnung der Span-zu-Span-Zeit mit Fehlerabschätzung .....	69
6.1.6	Für die Untersuchung verwendete technische Parameter .....	71
6.1.7	Relativbewegung X, Y und Z zwischen Werkzeug-Magazin und Hauptspindel .....	74
6.1.8	Relativbewegung Z und X oder Y zwischen Werkzeug-Magazin und Hauptspindel .....	81
6.1.9	Relativbewegung Z zwischen Werkzeug-Magazin und Hauptspindel .....	84
6.1.10	Keine Relativbewegung zwischen Werkzeug-Magazin und Hauptspindel .....	91
6.1.11	Relativbewegung X und Y zwischen Werkzeug-Magazin und Hauptspindel .....	95
6.1.12	Schlussfolgerungen zu den Werkzeugwechsel-Konzepten an vertikalen Bearbeitungszentren .....	96
<b>6.2</b>	<b>Bestimmung technischer und wirtschaftlicher Einsatzgrenzen unterschiedlicher Werkzeugwechsel-Konzepte am Beispiel horizontaler Bearbeitungszentren .....</b>	<b>101</b>
6.2.1	Für die Untersuchung verwendete technische Parameter .....	102
6.2.2	Relativbewegung X, Y und Z zwischen Werkzeug-Magazin und Hauptspindel .....	105
6.2.3	Relativbewegung X und Y zwischen Werkzeug-Magazin und Hauptspindel .....	108
6.2.4	Zeitparalleles Werkzeug Spannen und Lösen .....	112
6.2.5	Gegenüberstellung Direktwechsel und Werkzeugwechsel mit Werkzeugwechsel-Arm .....	113

6.2.6	Bestimmung technischer und wirtschaftlicher Einsatzgrenzen unterschiedlicher Werkzeugwechselkonzepte und erhöhter Dynamik der Linearachsen .....	118
6.2.6.1	Voraussetzungen für den sinnvollen Einsatz eines Werkzeugwechsel-Armes mit magazinseitiger Werkzeugbereitstellung .....	118
6.2.6.2	Wirtschaftliche Grenzen für die Erhöhung der Dynamik von Linearachsen .....	124
6.2.7	Beschleunigungsvermögen der Hauptspindel.....	133
<b>7</b>	<b>Besonderheiten des Werkzeugwechsels bei alternativen Maschinenstrukturen .....</b>	<b>141</b>
7.1	Bearbeitungszentren mit zwei Hauptspindeln.....	141
7.2	Bearbeitungszentren mit Parallelkinematik .....	142
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>145</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>149</b>
<b>Anlagen</b>	<b>.....</b>	<b>155</b>