

Bibliografische Beschreibung

Mahn, Uwe:

Erweiterung der Einsatzgrenzen beim Spannen hochbelasteter
langgestreckter Werkstücke

Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Chemnitz,
Professur Werkzeugmaschinen, Chemnitz, 2003

175	Seiten
89	Abbildungen
10	Tabellen
3	Anlagen
125	Quellen

Referat:

Beim Bohrungsdrücken müssen Werkstücke gespannt werden, die so großen Belastungen unterworfen sind, dass diese bereits weiträumig plastifiziert sind oder kurz davor stehen, die Fließgrenze zu überschreiten. Mit dem Hintergrund dieser neuartigen Anforderung an das Spannsystem ist der Hauptgegenstand dieser Arbeit die Untersuchung, mit welchen Wirkprinzipien stangenförmige Werkstücke sicher unter diesen Bedingungen gespannt werden können. Nach systematisierenden Betrachtungen wurde ein Prinzip gewählt, das Spannmarken bzw. eingedrückte Kerben gezielt zur Kraftübertragung nutzt. Für die Erzeugung der Spannkraft wird die dominierende axiale Prozesskraft verwendet. Die Spannmarken, die durch langgestreckte Keile entstehen, wurden durch Variation der Parameter Keilwinkel und Symmetrie minimiert. Dafür kam eine Modellierung auf Basis der Gleitlinientheorie zum Einsatz. Nach experimenteller Verifizierung mit einem Versuchsmodell erfolgte die Ableitung allgemeiner Aussagen zur Abhängigkeit des Lastübertragungsverhaltens von der Spannzeugeometrie. Neben der Bestimmung der erforderlichen Betätigungskraft wurde bei den Versuchen die Lösekraft ermittelt. Mit Hilfe von Finite Elemente Simulationen wurden die Spannmarkenentstehung und das Lastübertragungsverhalten in Abhängigkeit von der Verzahnungsgeometrie untersucht, um die bereits mit der Gleitlinientheorie getroffenen Aussagen zu überprüfen und zu vertiefen. Zum Schluss der Arbeit wird ein Prototyp einer Spanneinrichtung vorgestellt, der als Ergebnis aus den theoretischen Betrachtungen und den Modellversuchen entwickelt und getestet wurde.

Schlagworte:

Werkzeugmaschine, Bohrungsdrücken, Werkstückspannung, Spannfutter,
Selbstspannen, Spannmarke, Keil-Eindring-Problem, Gleitlinientheorie, FEM

Inhaltsverzeichnis

Kurzzeichenverzeichnis.....	11
1 Einleitung	17
1.1 Motivation	17
1.2 Definition „extrem belastete Werkstücke“	21
1.3 Aufgaben einer Spanneinrichtung für extrem hohe Werkstückbelastungen	22
2 Stand der wissenschaftlich-technischen Erkenntnisse	23
2.1 Spannzeuge für hohe Werkstückbelastungen	23
2.2 Maßnahmen zur Steigerung der aufnehmbaren Kräfte	30
2.3 Einsatzgrenzen von Spannzeugen	32
3 Systematik der Wirkprinzipien für die Werkstückspannung..	37
3.1 Funktionen einer Spanneinrichtung	37
3.2 Übertragung der Prozesskraft auf das primäre Spannelement	38
3.2.1 <i>Stoffschlüssiges Verbinden von Werkstück und Spannzeug</i>	39
3.2.2 <i>Kraftschlüssige Werkstückspannung</i>	39
3.2.3 <i>Formschlüssige Werkstückspannung</i>	40
3.3 Vergleich und Bewertung der Prinzipien für die primäre Spannkraftübertragung	43
3.3.1 <i>Spannungsfeld im Werkstück bei der Kraftübertragung auf ein primäres Spannzeug</i>	43
3.3.2 <i>Auswahl eines Prinzips</i>	45
3.4 Spannen und Lösen	46
3.4.1 <i>Einteilung der Prinzipien</i>	46
3.4.2 <i>Direkte Normalkrafterzeugung mit Fluid-Antrieb</i>	47
3.4.3 <i>Direkte Normalkrafterzeugung mit Piezoaktoren</i>	48
3.4.4 <i>Weitere Lösungsansätze zur direkten Spannkrafterzeugung</i>	50
3.4.5 <i>Indirekte Normalkrafterzeugung mit Keilelementen</i>	50
3.4.6 <i>Indirekte Normalkrafterzeugung mit Sternscheiben</i>	52

3.4.7	<i>Indirekte Normalkrafterzeugung mit Spieght-Hülse und Hebelmechanismen</i>	53
3.4.8	<i>Indirekte Normalkrafterzeugung mit einem gewundenen Spannelement</i>	54
3.4.9	<i>Bewertung und Auswahl eines Prinzips für die Normalkrafterzeugung</i>	56
3.5	Lösungskonzept einer Einrichtung zum Spannen extrem belasteter Stangen	58
4	Ziel und Vorgehensweise	61
5	Ermittlung konstruktiver Parameter	65
5.1	Schaffung einer Dimensionierungsgrundlage für das Spannfutter	65
5.1.1	<i>Aufnahme von Axialkraft und Drehmoment durch die Spannverzahnung</i>	65
5.1.2	<i>Festlegung des Neigungswinkels der Spannbolzen</i>	66
5.1.3	<i>Anzahl der Ringkerben</i>	70
5.2	Gestaltung der Spannverzahnung	72
5.2.1	<i>Parameter der Verzahnungsgeometrie</i>	72
5.2.2	<i>Anwendung der Gleitlinientheorie zur Modellierung der Spannmarkenentstehung</i>	74
5.2.3	<i>Axiale Belastung eines eingedrungenen Keils</i>	81
5.2.4	<i>Einflussgrößen auf die Querkraft zu Beginn des plastischen Fließens</i>	83
5.2.5	<i>Eindringen unsymmetrischer Keile in ein axial unbestimmtes Werkstück</i>	85
5.2.6	<i>Modellierung des Selbstspannprozesses mit der Gleitlinientheorie</i>	88
5.2.7	<i>Ableitung von Aussagen für die Gestaltung der Spannverzahnung</i>	93
5.3	Konstruktive Fragestellungen	96
5.4	Prinzip des modifizierten Zangenbolzenfutters	97

6	Experimentelle Untersuchungen mit einem Funktionsmodell	101
6.1	Ziele der Modellversuche	101
6.2	Versuchsaufbau	102
6.3	Versuchsdurchführung	104
6.3.1	<i>Verwendete Probewerkstücke</i>	<i>104</i>
6.3.2	<i>Lastaufbringung</i>	<i>104</i>
6.3.3	<i>Versuchsaufbau für Belastung mit Drehmoment</i>	<i>106</i>
6.4	Ergebnisse	108
6.4.1	<i>Axialkraft und axiale Verlagerung</i>	<i>108</i>
6.4.2	<i>Lösekraft</i>	<i>110</i>
6.4.3	<i>Spannmarken an den Probewerkstücken</i>	<i>111</i>
6.4.4	<i>Kombinierte Belastung mit Drehmoment und Axialkraft</i>	<i>113</i>
7	Simulation der Entstehung und Lastübertragung in den Spannmarken	115
7.1	Modellbildung	115
7.1.1	<i>Zielstellung und Problemdefinition</i>	<i>115</i>
7.1.2	<i>Werkstoff- und Geometriemodell</i>	<i>116</i>
7.1.3	<i>Randbedingungen und Berechnung</i>	<i>118</i>
7.1.4	<i>Modellverifikation</i>	<i>120</i>
7.2	Simulation der axialen Belastung eines radial in ein Werkstück eingedrunenen Keils	121
7.3	Simulation des Selbstspannprozesses	124
7.4	Übertragung der Erkenntnisse auf andere Werkstück-Werkstoffe	126
7.5	Einfluss der Keilspitzenform	128
7.6	Schlussfolgerung für die Gestaltung des Prototyps	129

8	Schlussfolgerungen: Anwendungsbeispiel Bohrungsdrücken.....	133
8.1	Verbesserung konstruktiver Details im Ergebnis der Modellversuche	133
8.2	Dimensionierung des Futterkörpers	134
8.3	Untersuchungen mit einem Prototypen	136
8.3.1	<i>Versuchsaufbau</i>	136
8.3.2	<i>Ergebnisse der Eignungsuntersuchungen am Prototyp</i>	139
9	Zusammenfassung und Ausblick	143
9.1	Zusammenfassung	143
9.2	Ausblick	146
	Literatur	149
	Anhang	159
	Lebenslauf.....	176