

Analyse des Rückschlages und dessen Vermeidung am Beispiel der Handkreissägemaschinen

Von der Fakultät Maschinenbau der Universität Stuttgart zur Erlangung
der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von
András József Biczó
aus Satu Mare, Rumänien

Hauptberichter:	Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Uwe Heisel
Mitberichter:	Prof. Dr.-Ing. André Wagenführ
Tag der Einreichung:	02.02.2005
Tag der mündlichen Prüfung:	07.06.2005



Institut für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart

2005

Inhaltsverzeichnis

Summary	7
Verzeichnis der verwendeten Symbole und Abkürzungen	11
1 Einleitung	14
2 Stand der Technik, Aufgabenstellung	15
2.1 Sicherheitskonzepte	15
2.1.1 Spaltkeil und Schutzhaube	15
2.1.2 Spandickenbegrenzer	17
2.1.3 Rutschkupplung	19
2.1.4 Schaltkupplung	21
2.2 Gefahrpotenzial, Unfallabläufe	23
2.3 Aufgabenstellung	29
3 Analyse des Rückschlagvorganges	31
3.1 Das Phänomen des Rückschlagvorganges	31
3.2 Aufbau der versuchstechnischen Einrichtungen	33
3.2.1 Prüfstand zur Untersuchung des Rückschlags im Gleichlauf	33
3.2.2 Prüfstand zur Untersuchung des Rückschlags durch Festklemmens des Werkzeugs	35
3.2.3 Messtechnik	37
3.3 Ablauf und Mechanismen des Rückschlagvorganges	39
3.3.1 Einhaken der Sägezähne	39
3.3.2 Festklemmen des Sägeblattes	43
4 Beurteilung des Rückschlagvorganges	47
4.1 Rückschlag durch Gleichlauf	47
4.1.1 Anfangsgeschwindigkeit des Schlittens	48
4.1.2 Einfluss der Drehzahl der Handkreissägemaschine	49

4.1.3 Einfluss der Werkstückdicke und der Schnitttiefe	51
4.2 Rückschlag durch plötzliches Festklemmen des Sägeblattes	53
4.2.1 Auswahl der untersuchten Handkreissägemaschinen	53
4.2.2 Einfluss der Klemmkraft auf die Wurfweite	55
4.2.3 Geschwindigkeit und Energie der Handkreissägemaschine beim Rückschlag	56
4.3 Verhalten bei einem Rückschlag	59
5 Vermeidung des Rückschlages	62
5.1 Bewertung bisheriger Lösungsansätze	62
5.2 Entwicklung rückschlagarmer Werkzeuge	64
5.2.1 Theoretische Überlegung	64
5.2.2 Ableitung der Berührungsbedingungen	65
5.2.3 Analyse der Einflussparameter	68
5.2 Ausklinkbare Kupplungen	71
6 Kräfte an rückschlagarmen Werkzeugen	72
6.1 Grundlagen	72
6.2 Beschreibung der realisierten versuchstechnischen Einrichtungen	75
6.3 Methodische Vorgehensweise zur Bestimmung der Kräfte	79
6.4 Darstellung der Untersuchungsergebnisse	84
6.4.1 Einfluss der Schneidengeometrie auf die Schnitt- und Schnitt- normalkraft	84
6.4.2 Einfluss von Fasenfreiwinkel und Fasenlänge auf die Schnitt- und Schnittnormalkraft	87
6.5 Experimentelle Überprüfung der abgeleiteten Berührungsbedingungen	89
7 Analyse und Optimierung der rückschlagarmen Zahngeometrie	91
7.1 Rückschlagverhalten bei verschiedenen Fasenlängen und Fasenfreiwinkeln	91
7.2 Analyse und Auswahl der Fasengeometrie	94
7.2.1 Auswahl einer geeigneten Fasenlänge und eines Fasenfreiwinkel	94
7.2.2 Betrachtung der auftretenden Schnittkräfte	95
7.2.3 Schnitt- und Einstechversuche	96

7.3 Optimierung der rückschlagarmen Zahngeometrie	98
7.3.1 Versuchsprogramm	98
7.3.2 Reduzierung der Schnittkräfte	101
7.3.3 Bearbeitungsqualität – Kantenausbrüche	103
7.3.4 Spanraumfüllung	107
7.4 Rückschlagverhalten der optimierten Zahngeometrie	108
8 Unterbrechung der Übertragungswege des Drehmoments	110
8.1 Notwendigkeit einer Schaltkupplung	110
8.2 Funktionsweise einer Schaltkupplung	111
8.3 Erprobung der Schaltkupplung	114
8.3.1 Zusammenhang zwischen Vorspann- und Schaltkraft	117
8.3.2 Zusammenhang zwischen Drehzahl, Drehmoment und Schnittleistung	119
8.3.3 Reaktionszeit der Schaltkupplung	123
8.3.4 Dauerschaltversuche	125
9 Zusammenfassung	127
10 Literaturverzeichnis	130