

- Forschung -
Fb 910

B.-J. Vorath
K.-H. Lang
S. Tismer

Untersuchungen typischer Unfallgefährdungen durch rotierende Maschinenteile

Clm 597



Inv. Nr. BS 5759/01

Bibliothek Dortmund/Berlin 2001
Arbeitswissenschaft
TU Darmstadt 19. März 01

Inhaltsverzeichnis

Kurzreferat	11
Abstract	12
Résumé	13
1 Einleitung	15
2 Normative Anforderungen für das Inverkehrbringen von Maschinen	17
3 Ziele des Vorhabens	20
4 Auswertung des Vorschriften- und Regelwerkes.....	22
4.1 Ausgangsbasis.....	22
4.2 Vorgehensweise.....	23
4.2.1 Rotierende Maschinenteile.....	24
4.2.2 Mechanische Gefährdungen	25
4.2.3 Gefahrstellen.....	26
4.2.4 Besondere Betriebszustände	27
5 Gestaltungsparameter rotierender Maschinenteile.....	31
5.1 Sicherheitsparameter und deren Grenzwerte	33
5.1.1 Sicherheitsabstand.....	33
5.1.2 Sicherheitszeitraum.....	33
5.2 Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte	34
5.2.1 Geometrische Gestalt	34
5.2.2 Spaltbreite.....	34
5.2.3 Oberflächenrauigkeit	34
5.2.4 Kinematische Parameter	35
5.2.4.1 Drehwinkel.....	35
5.2.4.2 Drehzahl	35
5.2.4.3 Winkelgeschwindigkeit	35
5.2.4.4 Winkelbeschleunigung	36
5.2.5 Kinetische Parameter.....	36
5.2.5.1 Drehmoment	36
5.2.5.2 Trägheitsmoment	36
5.2.5.3 Energie	37

5.2.5.4	Leistung	37	7.
6	Gefahrstellensystematik und Gefährdungsparameter	37	
6.1	Gefahrstellensystematik	37	7.
6.1.1	Einzugstellen	38	7.
6.1.2	Fang- und Aufwickelstellen	39	7.
6.1.3	Quetschstellen	40	7.
6.1.4	Scherstellen	41	7.
6.1.5	Schneidstellen	42	
6.1.6	Reibstellen	43	7.
6.1.7	Schlagstellen	43	7.
6.2	Analyse vorhandener Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte	44	7.
6.2.1	Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte an Einzugstellen	45	7.
6.2.2	Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte an Fang- und Aufwickelstellen	52	7.
6.2.3	Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte an Quetschstellen	56	7.
6.2.4	Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte an Scherstellen	57	7.3
6.2.5	Gefährdungsparameter und deren Grenzwerte an Schneidstellen	58	8
7	Beurteilung von Gefährdungen	59	8.1
7.1	Gefährdungs- und Risikobeurteilungen	60	8.1
7.1.1	Risikoanalyse	61	8.1
7.1.1.1	Bestimmung von Maschinengrenzen	61	8.1
7.1.1.2	Identifizierung von Gefährdungen	61	8.2
7.1.1.3	Einschätzung von Risiken	62	8.3
7.1.2	Risikobewertung	65	8.4
7.1.3	Risikominderung	65	9
7.2	Typische Gefährdungsbeispiele	65	9.1
7.2.1	Gefährdungsbeurteilungen in der Papier- und Druckindustrie	66	9.2

7.2.1.1	Gefährdungssystem Rotationsdruck- und Stanzmaschine.....	67
7.2.1.1.1	Beschreibung der Maschine	67
7.2.1.1.2	Identifizieren der Gefährdungen	67
7.2.1.1.3	Einschätzen der Risiken.....	68
7.2.1.1.4	Risikobewertung und Vorschläge zur Risikominderung	69
7.2.1.2	Gefährdungssystem Flexorotationsdruck- und Stanzmaschine	70
7.2.1.2.1	Beschreibung der Maschine	70
7.2.1.2.2	Identifizieren der Gefährdungen	71
7.2.1.2.3	Einschätzen der Risiken.....	72
7.2.1.2.4	Risikobewertung und Vorschläge zur Risikominderung	73
7.2.2	Gefährungsbeurteilung in der Metallverarbeitung	73
7.2.2.1	Gefährdungssystem Metallrundwalze.....	74
7.2.2.1.1	Beschreibung der Maschine	74
7.2.2.1.2	Identifizieren der Gefährdungen	75
7.2.2.1.3	Einschätzen der Risiken.....	75
7.2.2.1.4	Risikobewertung und Vorschläge zur Risikominderung	76
7.3	Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilungen	77
8	Laborversuche an Fang- und Aufwickelstellen	77
8.1	Versuchsaufbau	81
8.1.1	Universalbohrmaschine.....	82
8.1.2	Spannvorrichtung.....	83
8.1.3	Wellenenden	84
8.1.4	Radialwellendichtringe	86
8.1.5	Stoffproben	87
8.2	Randbedingungen der Laborversuche.....	90
8.3	Versuchsdurchführung	92
8.4	Ergebnisse der Laborversuche.....	94
9	Ableitungen für experimentelle Untersuchungen	101
9.1	Gefährdungsfaktor Durchmesser überstehender Wellenenden	102
9.2	Gefährdungsfaktor Länge überstehender Wellenenden.....	102

9.3	Gefährdungsfaktor Oberflächenbeschaffenheit überstehender Wellenenden	103
9.4	Gefährdungsfaktor Kantenzustand überstehender Wellenenden	104
9.5	Gefährdungsfaktor Feuchtigkeit überstehender Wellenenden	105
9.6	Gefährdungsfaktoren Oberflächenrauigkeit von Walzen	105
9.7	Gefährdungsfaktor Umfangsgeschwindigkeit von Walzen	106
9.8	Gefährdungsfaktoren Umfangskraft, Drehmoment und Leistung von rotierenden Maschinenteilen	107
10	Literaturverzeichnis	108

A
 DI
 DI
 DI
 EC
 EC
 EN
 EV
 GS
 GL

 ISK
 LB
 VB

 VD
 VD
 VD
 ZH

Abkürzungsverzeichnis

DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DIN EN	Europäische Norm, die in das deutsche Normenwerk übernommen worden ist
DIN V	Deutsche Vornorm
EG	Europäische Gemeinschaft
EGV	EG-Vertrag
EN	Europäische Norm
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
GSGV	Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz
GUV	Unfallverhütungsvorschriften, Durchführungsanweisungen, Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter des Bundesverbandes der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand e.V. (BAGUV, heute BUK)
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
LBG	Unfallverhütungsvorschriften des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften
VBG	Unfallverhütungsvorschriften des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
ZH 1/	Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Hersteller- und anwenderbezogene Teilaspekte der Sicherheit bei Konstruktion und Bau von Maschinen im Fertigungssystem /11/	19
Abb. 3.1:	Schematische Darstellung einer Maschine /12/	21
Abb. 4.1:	Ausgangsbasis und Projektrelevanz für die Auswertung des Vorschriften- und Regelwerkes	23
Abb. 4.2:	Besondere Betriebszustände von Maschinen	30
Abb. 6.1:	Einzugstelle als Einlaufstelle	38
Abb. 6.2:	Einzugstelle als Auflaufstelle	39
Abb. 6.3:	Fang- und Aufwickelstelle	40
Abb. 6.4:	Quetschstelle	41
Abb. 6.5:	Scherstelle	41
Abb. 6.6:	Schneidstelle	42
Abb. 6.7:	Reibstelle	43
Abb. 6.8:	Schlagstelle	44
Abb. 7.1:	Iterativer Prozeß der Risikobeurteilung zum Erreichen von Sicherheit	62
Abb. 7.2:	Verfahren zur Risikoeinschätzung	64
Abb. 7.3:	Stanzwerk der Rotationsdruck- und Stanzmaschine	68
Abb. 7.4:	Risikoeinschätzung zum Einrichten des Stanzwerkes	69
Abb. 7.5:	Druckwerk der Flexorotationsdruck- und Stanzmaschine	71
Abb. 7.6:	Risikoeinschätzung zum Einrichten des Druckwerkes	72
Abb. 7.7:	Metallrundwalzenmaschine	74
Abb. 7.8:	Risikoeinschätzung zum Walzen von Flachstahl	75
Abb. 8.1:	Versuchsaufbau eines rotierenden Wellenendes als Fang- und Aufwickelstelle	82
Abb. 8.2:	Universalbohrmaschine	83
Abb. 8.3:	Spannvorrichtung-Seitenansicht	84
Abb. 8.4:	Probekörper, d = 100 mm	85
Abb. 8.5:	Probekörper, d = 50 mm	85
Abb. 8.6:	Probekörper, d = 20 mm	86

Abb. 8.7:	Aufnahme des Radialwellendichtringes	87
Abb. 8.8:	Rückseite des Versuchsaufbaus mit Aufnahme des Radialwellendichtringes und Befestigung des rotierenden Wellenendes	88
Abb. 8.9:	Stoffprobe in Klemmvorrichtung	89
Abb. 8.10:	Luftgeschwindigkeits-Meßorte am Versuchsaufbau	91
Abb. 8.11:	Messung der Luftgeschwindigkeit am rotierenden Wellenende	91
Abb. 8.12:	Möglichkeiten der Führung der Stoffproben mit unterschiedlichen Umschlingungswinkeln bei Versuchsbeginn	93
Abb. 8.13:	Fang- und Aufwickelrisiko in Abhängigkeit von Wellenendenlänge und Wellendurchmesser	95
Abb. 8.14:	Fang- und Aufwickelrisiko in Abhängigkeit von Wellenendenlänge und Menge zugeführter Flüssigkeiten (Wasser, Öl) bzw. Feuchtigkeit (Stoff Nr. 02021)	96
Abb. 8.15:	Kraft in Abhängigkeit von Wellendurchmesser und Menge zugeführter Flüssigkeiten (Wasser, Öl) bzw. Feuchtigkeit (Stoff Nr. 02021)	97
Abb. 8.16:	Kraft in Abhängigkeit von Wellendurchmesser und Menge zugeführter Flüssigkeiten (Wasser, Öl) bzw. Feuchtigkeit (Stoff Nr. 02021)	97
Abb. 8.17:	Kraft in Abhängigkeit von Wellendurchmesser und Drehzahl des rotierenden Wellenendes (Stoff Nr. 02021)	98
Abb. 8.18:	Kraft in Abhängigkeit von Wellendurchmesser und Stoffqualität	99
Abb. 8.19:	Haft- und Gleitreibungskoeffizienten	100