

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
I Formelzeichen.....	III
II Abkürzungen	V
1 Einleitung	1
2 Stand der Erkenntnisse	3
2.1 Bohren als Fertigungsverfahren	3
2.1.1 Werkzeuggeometrien	5
2.1.2 Schneidstoffe für Bohrwerkzeuge	7
2.1.3 Beschichtete Hartmetalle	10
2.2 Hartbearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide	12
2.2.1 Grundlagen der Hartzerspanung	13
2.2.2 Hartdrehen	14
2.2.3 Hartfräsen	18
2.2.4 Hartbohren	20
2.3 Oberflächenbeeinflussung durch spanende Verfahren	22
3 Aufgabenstellung und Zielsetzung	26
4 Versuchseinrichtungen -werkstoffe und Meßsysteme	27
4.1 Versuchsmaschine	27
4.2 Versuchswerkstoffe	28
4.2.1 Wälzlagerstahl 100 Cr 6	28
4.2.2 Kaltarbeitsstahl X 210 Cr 12	29
4.2.3 Warmarbeitsstähle	29
4.2.4 Einsatzstahl 16 MnCr 5	31
4.3 Meß- und Analyseverfahren	32
4.3.1 Werkzeugverschleißmessung	32
4.3.2 Zerspankraftmessung	33
4.3.3 Bestimmung der Zerspantemperatur	33
4.3.4 Bestimmung der Oberflächenrauheit	34
4.4 Werkstoff- und Oberflächenanalysetechnik	35

4.4.1	Metallographie und Härtemessung	35
4.4.2	Rasterelektronenmikroskop	35
4.4.3	Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA)	35
4.4.4	Restaustenitbestimmung und Eigenspannungs messung	35
4.5	Vorrichtung zur Erzeugung von Spanwurzeln	36
5	Prozeßführung	38
5.1	Zerspanungsparameter und Bohrfolge	38
5.2	Werkzeugentwicklung	41
5.2.1	Werkzeugverschleiß	41
5.2.1.1	Grundlagen	41
5.2.1.2	Werkzeugverschleiß beim Bohren gehärteter Stähle	45
5.2.1.3	Einfluß der Werkzeugspitzengeometrie auf das Verschleißverhalten	47
5.2.1.4	Einfluß des Drallwinkels auf den Werkzeug verschleiß	48
5.2.1.5	Einfluß des Hartmetallsubstrats auf das Ver schleißverhalten beim Bohren harter Stähle	50
5.2.1.6	Einfluß der Hartstoffbeschichtung auf das Ver schleißverhalten	54
5.2.2	Hartbohrspezifisches Werkzeug	59
5.3	Bohrungsqualität	60
5.3.1	Formtoleranz	60
5.3.2	Oberflächengüte	62
5.4	Prozeßgrößen	63
5.4.1	Zerspankräfte	64
5.4.1.1	Grundlagen	64
5.4.1.2	Randbedingungen beim Hartbohren	65
5.4.1.3	Kraftverteilung auf der Schneidenverrundung	73
5.4.1.4	Einfluß des Werkzeugverschleißes auf die Zerspankräfte	75
5.4.2	Zerspantemperaturen	76
5.4.2.1	Grundlagen der Wärmeleitung	77
5.4.2.2	Zerspantemperaturen beim Hartbohren	78
5.5	Werkstoffeinfluß auf Werkzeugverschleiß und Prozeßgrößen	81
5.5.1	Einfluß des Werkstoffs auf den Werkzeugverschleiß	82

5.5.2	Werkstoffeinfluß auf die Zerspankräfte	85
5.5.3	Werkstoffeinfluß auf die Zerspantemperatur	87
6	Spanbildung bei der Hartbearbeitung	88
6.1	Spanbildung bei harten Werkstoffen	90
6.2	Spanbildung beim Bohren harter Stähle.....	94
6.3	Einfluß des Werkstoffs auf die Spanbildung	97
7	Oberflächenausbildung und -beeinflussung durch den Bohrprozeß.....	100
7.1	Grundlagen.....	101
7.2	Bereiche der Randzonenveränderungen.....	105
7.2.1	Wärmeverteilung in der Randzone der Bohrungswand	109
7.3	Charakterisierung der Bohrungsrandzone.....	109
7.3.1	Plastische Verformungen.....	109
7.3.2	Oberflächennahe Gefügeumwandlungen	113
7.3.3	Restaustenitgehalte der Bohrungsrandzone	117
7.3.4	Eigenspannungszustand der Bohrungsrandzone.....	122
7.3.5	Chemische Zusammensetzung der Werkstückrandzone	125
7.4	Modellansatz zur Beschreibung der Oberflächenausbildung	126
7.5	Übertragung des Entstehungsmodels der Randzonen veränderungen auf andere Hartbearbeitungsverfahren	130
8	Umsetzung der Ergebnisse - Nutzen für die industrielle Anwendung	136
9	Zusammenfassung und Ausblick	140
10	Literatur	142