

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	11
1.1. Beanspruchungen von Festkörperoberflächen	12
1.2. Oberflächentechnik und Plasma-Beschichtungsverfahren für harte Schutzschichten	12
1.3. Verbund Hartstoffschicht – Substrat	19
2. Technische und physikalische Grundlagen der Plasma-Beschichtungsverfahren	22
2.1. Vakuum	22
2.2. Gasentladungen	28
2.3. Teilchenstrom und Schichtwachstum	33
2.3.1. Teilchenstrom	34
2.3.2. Energie- und Impulseinwirkungen auf Festkörperoberflächen	35
2.3.3. Chemische Effekte	38
2.3.4. Schichtbildungsrate von Auftragsschichten	38
2.3.5. Komplexe Erscheinungen	39
2.4. Bildung, Morphologie und Struktur von Auftragsschichten	41
2.4.1. Chemische Reaktivität	42
2.4.2. Wachstumsstadien bei der Schichtbildung von Auftragsschichten	47
2.4.3. Wirkungen hochenergetischer Teilchenströme auf die Schichtbildung	48
2.4.3.1. Wachstumsmoden und Morphologie-Zonenmodelle	51
2.4.3.2. Ordnungsgrad und Defektgeneration	57
2.4.4. Übergangszone	59
3. Plasma-Beschichtungsverfahren	61
3.1. Plasmagestützte Bedampfung	64
3.1.1. Elektronenstrahlverdampfer mit Zusatzionisierung	67
3.1.2. Hohlkatodenbogen-Verdampfer	71
3.1.3. Beschichtungen aus dem Plasma einer Vakuumbogen-Entladung	80
3.1.4. Niedervoltbogen-Beschichtung	89
3.2. Beschichtungen durch Zerstäuben von Feststoffen	91
3.2.1. Grundlagen der Feststoffzerstäubung	91
3.2.2. Technische Ausführung von Zerstäubungseinrichtungen	93

3.2.2.1.	DC-Diodenzerstäubung	94
3.2.2.2.	Triodenzerstäubung	95
3.2.2.3.	DC-Hochratezerstäubung	96
3.2.2.4.	HF-Zerstäubung	97
3.2.3.	Reaktive Zerstäubung	97
3.2.4.	Zerstäubungseinrichtungen für die plasmaaktivierte Schichtabscheidung	98
3.3.	Plasmagestützte Beschichtungsverfahren mit nur gasförmigen Ausgangssubstanzen	100
3.3.1.	Plasmadecomposition zur Abscheidung von i-C-Schichten	100
3.3.2.	Plasmagestützte chemische Abscheidung aus der Dampfphase	106
3.3.3.	Plasmagestützte thermochemische Wärmebehandlung	111
3.3.3.1.	Plasmanitrieren	113
3.3.3.2.	Plasmaaufkohlung	120
3.3.4.	Ionenimplantation	125
3.4.	Kombinationen von Beschichtungsverfahren	133
4.	Technischer Aufbau von industriellen Plasma-Beschichtungsanlagen	136
4.1.	Prinzipieller Aufbau der Anlagen	136
4.1.1.	Strom- und Medienversorgung	139
4.1.2.	Vakuumsystem	140
4.1.3.	Arbeitskammer mit Teilchen- und Plasmaquellen	141
4.1.4.	Substrathandhabungssysteme und Substratheizung	142
4.2.	Spezielle Anlagenkonzepte	146
4.2.1.	Laborbeschichtungsanlagen	146
4.2.2.	Einkammeranlagen für Klein- und Großteilbeschichtungen	146
4.2.3.	Durchlaufanlagen	148
5.	Prozeßkontrolle bei der Beschichtung	150
5.1.	Gaseinlaßsystem	150
5.2.	Transport- und Plasmaraum	152
5.2.1.	Massenspektroskopische Untersuchungen	153
5.2.2.	Optische Emissionsspektroskopie	156
5.2.3.	Diagnostik mittels elektrischer Sonden	158
5.3.	Schichtbildungsbereich	159
5.3.1.	Substratstromdichte	159
5.3.2.	Schichtaufwachsrate	161
5.3.3.	Temperatur-Zeit-Verläufe der Substrate	162
5.3.4.	Modellierung von Temperatur-Zeit-Verläufen	163
6.	Eigenschaften der Hartstoffschicht-Substrat-Verbunde	170
6.1.	Schichtdickenmessungen	170
6.2.	Festkörperphysikalische Untersuchungen	174
6.3.	Härte	177

6.4.	Verbundfestigkeit	179
6.5.	Schichteigenspannungen	181
6.6.	Weitere mechanische Kenngrößen des Schicht-Substrat-Verbundes	182
6.7.	Tribologische Eigenschaften	183
6.8.	Korrosionsverhalten	187
6.9.	Dekorative Eigenschaften	188
7.	Industrielle Anwendungen	189
7.1.	Ausgewählte Aspekte der Werkzeugbeschichtung	191
7.2.	Bauteilbeschichtungen	200
8.	Zur Weiterentwicklung der Abscheideverfahren und Schichtmaterialien	202
	Literaturverzeichnis	205
	Sachwörterverzeichnis	214