

Mathesius · Krömmer

Praxis des thermischen Spritzens

Anleitung für das Fachpersonal

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Geleitwort

1	Einführung in das thermische Spritzen	1
1.1	Beanspruchung von gespritzten Bauteilen	1
1.2	Übersicht der verschiedenen Oberflächenbeschichtungen	1
1.3	Verfahrensprinzip des thermischen Spritzens	2
1.4	Anwendungen des thermischen Spritzens	4
2	Vorbereitung zum thermischen Spritzen	6
2.1	Entfetten (chemische Reinigung)	6
2.2	Maskieren (Abdecken) zum Strahlen	7
2.3	Aufräumen zum Beschichten	8
2.3.1	Raudrehen	8
2.3.2	Rauschleifen	9
2.3.3	Strahlen (als gängigste Methode)	9
	Allgemeine Grundlagen	9
	Praktische Beispiele	9
	Strahlparameter	9
	Art der Strahlmittel	9
	Pflege der Strahlmittel	10
	Größe und Form der Strahlmittel	11
	Strahlprinzip	11
	Strahlmittel-Rückgewinnung	14
	Strahlendruck, Strahlwinkel und Strahlabstand	14
2.4	Maskierung (Abdeckung) vom Strahlen entfernen	16
2.5	Maskieren zum Beschichten	17
2.6	Nachreinigung	17
3	Grundsätzliches zum thermischen Spritzen	18
3.1	Schichtaufbau und Schichtstruktur	18
3.2	Spritzgerechtes Gestalten von Bauteilen	20
3.3	Relative Spritzgeschwindigkeit	21
3.4	Kühlung	23
3.5	Schutzgasmantel (engl. Shroud)	25
3.6	Fehlerverhütung und Fehler erkennen	25
4	Verfahren des thermischen Spritzens	27
4.1	Flammspritzen	27
4.1.1	Drahtflammspritzen	27
	Brennertypen (Pistolen)	27
	Spritzzusatzwerkstoffe	28
	Verarbeitungshinweise und verschiedene Drahtdurchmesser	29
	Pflege der Anlagen	29
4.1.2	Pulverflammspritzen	32
	Kunststoff-Flammspritzen	32
	Brennertypen (Pistolen)	34
	Allgemeine Pflege	34

	Spritzzusatzwerkstoffe	35
4.1.3	Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF)	35
	Brenngase/Brennstoffe	36
	HVOF-Brennertypen	37
	Spritzzusatzwerkstoffe und Schichteigenschaften	42
4.2	Lichtbogenspritzen	43
	Brennertypen (Pistolen)	44
	Spritzzusatzwerkstoffe und Schichteigenschaften	46
	Allgemeine Pflege der Brenner (Pistolen)	47
	Fehlersuche	48
4.3	Plasmaspritzen	50
	Plasmagase	50
	Technische Plasmen	51
	Plasmabrennertypen (Pistolen)	54
	Komponenten einer Plasmaspritzanlage	57
4.4	Vakuumplasmaspritzen	60
4.5	Detonationsspritzen oder Flammschockspritzen	64
4.6	Kaltgasspritzen	65
5	Nachbehandlung von Spritzschichten	70
5.1	Übersicht der verschiedenen Möglichkeiten	70
5.2	Thermische Nachbehandlung	70
5.2.1	Einschmelzen mit der Flamme	72
5.2.2	Ofensintern	74
5.2.3	Induktionssintern	74
5.3	Mechanische Nachbehandlung	74
5.3.1	Glätten	75
5.3.2	Drehen	75
5.3.3	Schleifen und Honen	76
5.3.4	Polieren und Läppen	76
5.3.5	Verdichtungstrahlen	77
5.4	Chemische Nachbehandlung	77
5.4.1	Versiegeln	77
5.4.2	Anstriche	78
5.4.3	Beizen	78
5.5	Entschichten (Strippen)	78
6	Werkstoffe	80
6.1	Grundwerkstoffe	80
6.2	Spritzzusatzwerkstoffe	81
6.2.1	Draht	81
6.2.2	Pulver	82
6.2.3	Übersicht der wichtigsten Spritzzusatzwerkstoffe	86
6.3	Technische Gase	89
6.3.1	Brennstoffe	89
6.3.2	Plasmagase	92
6.3.3	Kühlgase	92
6.3.4	Trärgase	93
6.3.5	Shroud-gase	93
6.3.6	Bereitstellung, Lagerung und Rohrleitungssysteme	93

7	Qualitätssicherung von Spritzschichten	95
7.1	Wartung, Eichen (Justieren) oder Kalibrieren der Anlagen	95
7.2	Prüfen und Messen der Parameter	96
7.3	Prüfen und Messen der Bauteile einschließlich Beschichtung vor, während und nach der Beschichtung	100
	Temperaturmessung	100
	Schichtdickenmessung	101
	Schichtdickenwachstum	103
	Sichtprüfung auf Unregelmäßigkeiten	103
	Rissprüfung	103
	Härtemessung	104
	Biegeprüfung	105
	Metallographischer Schliff	105
	Bestimmung der Haftfestigkeit	109
	Prüfung von bestimmten Eigenschaften	111
8	Ausbildung im thermischen Spritzen	113
8.1	Ausbildung und Qualitätssicherung beim thermischen Spritzen	113
8.2	Bedeutung der EWF-Ausbildungsrichtlinien	114
8.3	GTS – Gemeinschaft Thermisches Spritzen	115
8.4	Qualitätsanforderungen an thermisch gespritzte Schichten (DIN EN ISO 14922-1 bis -4)	116
8.5	Spritzaufsicht zum thermischen Spritzen nach DIN EN 13214	117
8.6	Zulassungsprüfung für thermische Spritzer nach DIN EN ISO 14918	117
8.7	ETSS-Ausbildung (European Thermal Spraying Specialist) nach EWF-Richtlinie 459	118
8.8	ETSP-Ausbildung (European Thermal Spraying Practitioner) nach EWF-Richtlinie 592	118
8.9	ETS-Ausbildung (European Thermal Sprayer) nach EWF-Richtlinie 507	119
8.10	Umsetzung und Erfahrungen der Praxis der spritztechnischen Ausbildung	120
9	Mechanisierung und Automatisierung des Spritzprozesses	121
	Teach-In-Verfahren	122
	Playback-Verfahren	122
	Kombination von Portal und Industrieroboter	123
10	Arbeitsschutz und Umweltschutz	125
10.1	Bedeutung des Arbeitsschutzes	125
10.2	Gefahren beim thermischen Spritzen	125
10.2.1	Gefährdungsanalyse	125
10.2.2	Gefährdung durch elektrischen Strom	127
10.2.3	Gefährdung durch Strahlung	129
10.2.4	Gefährdung durch Lärm	130
10.2.5	Gefährdung durch Schadstoffe wie Gase, Rauche oder Stäube	132
10.2.5.1	Definition, Wirkung sowie Grenz- und Richtwerte	132
10.2.5.2	Gefährdung durch Gase	132
10.2.5.3	Gefährdung durch Rauche und Feinstäube	134
10.3	Schutzmaßnahmen zur Gefahrenabwehr	137
10.3.1	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Strom	138
10.3.2	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Strahlen	138
10.3.3	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Lärm	139
10.3.4	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Schadstoffen wie Gase, Rauche oder Stäube ...	140

10.3.4.1	Schutzmaßnahmen bei Gasen	140
10.3.4.2	Schutzmaßnahmen gegen Rauche und Stäube beim Spritzen	144
10.3.4.3	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Robotern	147
10.3.4.4	Schutzmaßnahmen bei den Tätigkeiten vor und nach dem thermischen Spritzen	147
11	Normen, Merkblätter und Richtlinien sowie weitere Regelwerke zum thermischen Spritzen	149
11.1	Normen	149
11.2	Merkblätter und Richtlinien	153
11.3	Weitere Regelwerke	154
Glossar	156