

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Einleitung
- 3 Werkstoffauswahl
- 4 Arbeitsvorbereitung
- 5 Grundwerkstoffe und Bauteilvorbereitung
- 6 Drahtflammspritzen von Fülldrähten
- 7 Lichtbogenspritzen von Fülldrähten
- 8 Ergänzende Bemerkung zur Arbeitssicherheit
- 9 Anwendungen
- 10 Schrifttum

1 Geltungsbereich

Dieses Merkblatt enthält Informationen für den Einsatz von Fülldrähten zum Thermischen Spritzen. Es werden Hinweise und Empfehlungen zur fachgerechten Auswahl von Spritzzusatzwerkstoffen und zur Verfahrensoptimierung, insbesondere zu den Themen Lichtbogendraht- und Drahtflammspritzen von Fülldrähten gegeben. Am Beispiel eines Eisenbasiswerkstoffs werden verschiedene Strategien zur Herstellung hochwertiger Schichten veranschaulicht.

2 Einleitung

Thermische Spritzverfahren sind gemäß DIN EN 657 Beschichtungsverfahren, bei denen ein Spritzzusatzwerkstoff inner- oder außerhalb des Spritzgerätes geschmolzen, angeschmolzen oder plastifiziert und auf Oberflächen von Werkstücken aufgeschmolzt wird, wobei die Bauteiloberfläche im Allgemeinen nicht angeschmolzen wird.

Das Thermische Spritzen von drahtförmigen Zusatzwerkstoffen zeichnet sich durch die hohe Reproduzierbarkeit und die verfahrensspezifischen Vorteile aus, welche sich durch den Einsatz von Drähten anstelle von pulverförmigen Zusätzen ergeben. Drähte können vergleichsweise einfach hergestellt, gelagert, transportiert (ohne Entmischung) und gefördert werden. Durch die Möglichkeiten der Fülldrahtherstellung werden Werkstoffe bereitgestellt, die aufgrund geringer Duktilität nicht als Massendraht verfügbar sind. Die Verarbeitung von Fülldrähten eröffnet somit ein weites Feld möglicher Anwendungen.

Für die Verarbeitung von Fülldrähten eignen sich die Verfahrensvarianten Lichtbogendrahtspritzen, Drahtflammspritzen, Hochgeschwindigkeitsdrahtflammspritzen (auch HVCS-Drahtspritzen genannt) und für vereinzelte Anwendungen Plasmatechnologien, wie PTWA (Plasma Transferer Wire Arc).

Um Drähte zu hochwertigen Schichten zu verarbeiten, ist eine Bauteilvorbereitung nach DIN EN 12507 empfehlenswert.

Häufig werden Drahtspritzschichten als Haftgrund- bzw. Pufferschicht eingesetzt. Verschiedene Möglichkeiten der Haftgrundvorbereitung sind im Merkblatt DVS 2311 dargestellt. Grundlegende Informationen zur Herstellung von metallischen und anderen anorganischen Schichten finden sich in der DIN EN ISO 2063 und im Merkblatt DVS 2311. Das Thema Drähte, Stäbe und Schnüre zum Thermischen Spritzen wird in der DIN EN ISO 14919 behandelt. Zur Qualitätssicherung thermischer Spritzschichten liefert das Merkblatt DVS 0904 wichtige Hinweise und eine Checkliste.

Einige Hinweise zum Umgang mit Fülldrähten, insbesondere zur Arbeitsvorbereitung und Drahtförderung, leiten sich aus der Schweißtechnik ab und können in den Bereich Thermisches Spritzen übertragen werden. Hinweise zur fachgerechten Drahtförderung finden sich in der DIN EN 60974-5 und im Merkblatt DVS 0926-2.

Das vorliegende Merkblatt soll die Verarbeitung von Fülldrähten mittels Drahtflamm-, Hochgeschwindigkeitsdrahtflamm- und Lichtbogenspritzen erleichtern. Die dargestellten Strategien zur Prozessoptimierung sind allgemeingültig gehalten und werden an ausgesuchten Beispielen veranschaulicht. Bei der Verarbeitung von Fülldrähten sind in jedem Fall die Angaben und Richtlinien des jeweiligen Fülldraht- und Anlageherstellers zu beachten, auch wenn diese von den nachfolgend dargestellten Hinweisen abweichen.

3 Werkstoffauswahl

Die richtige Auswahl des Zusatzwerkstoffs bildet die Grundlage für ein hochwertiges Beschichtungsergebnis. Für Thermische Spritzprozesse werden von den Drahtherstellern spezielle Massiv- und Fülldrahtangeboten. Diese können sich in ihrer chemischen Zusammensetzung von Schweißzusätzen unterscheiden, da beim Spritzen mit einem verfahrensbedingten Abbrand spezifischer Bestandteile gerechnet werden muss. Sauerstoffaffine Elemente, beispielsweise freies Chrom für den Korrosionsschutz von Stahl, sind im Draht meist in höherer Konzentration als in der Schicht vorhanden. Zudem enthalten einige Fülldrähte Zuschlagstoffe, die lichtbogenstabilisierend wirken. Drähte mit schlackebildenden Elementen sollten nicht für das Spritzen verwendet werden, da die Schlacke in der Schicht abgeschieden wird und eine Störstelle bildet.

Fülldrähte unterscheiden sich sehr stark in ihrem herstellungsbedingten Design. Der Anwender muss dies bei der Werkstoffauswahl beachten. Auch bei identischer chemischer Zusammensetzung können die Verarbeitungseigenschaften und die Beschichtungsergebnisse stark differieren. Bild 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Fülldrahtes für das Thermische Spritzen. Dieser wird im Wesentlichen durch seine Herstellung (beispielsweise nahtloser Fülldraht bzw. Röhrchenfülldraht, formgeschlossener Fülldraht mit Falz, formgeschlossener Fülldraht mit Stoß), den Gesamtdurchmesser, die Dicke des Drahtmantels, die chemische Zusammensetzung des Mantels, die chemische Zusammensetzung der Füllung, die Partikelgrößen der Füllung und die Fülldichte charakterisiert (siehe auch Tabelle 1). Eine Sonderform von Fülldrähten sind 2-Komponenten-Systeme mit Drahtseele als Füllung (z. B. NiAl).

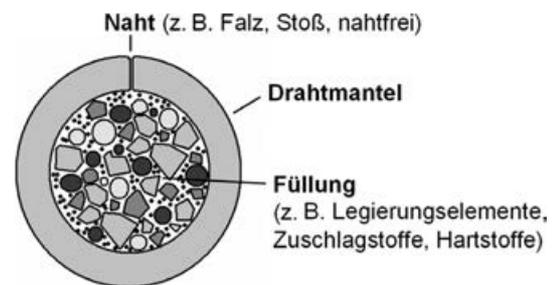


Bild 1. Schematischer Aufbau eines Fülldrahtes für das Thermische Spritzen.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

Beim Thermischen Spritzen findet die Legierungsbildung (Mischung der Füllung mit dem Mantelmaterial) nur an der abschmelzenden Drahtspitze statt und erfolgt in der Regel unvollständig. Um eine homogene Schichtausbildung zu unterstützen, bietet es sich daher an, Fülldrähte zu verwenden, die ein Mantelmaterial besitzen, welches bereits möglichst genau der gewünschten Matrixzusammensetzung der Schicht entspricht. Bei einigen Werkstoffsystemen ist eine thermische Belastung der Füllstoffe bzw. eine Legierungsbildung unerwünscht. Ein typisches Beispiel sind Drähte mit Füllpartikeln aus Wolframkarbid, die möglichst nur oberflächlich angeschmolzen werden sollten, um dann größtenteils umwandlungsfrei und fest in die Schicht eingebunden zu werden.

Typische Fülldrähte für das Thermische Spritzen sind in der Tabelle 2 aufgeführt. Hauptanwendungsgebiete sind der Verschleißschutz (beispielsweise Hartlegierungen mit und ohne Partikelverstärkung) sowie die Abscheidung von hochlegierten Werkstoffen und Pseudolegierungen. Des Weiteren bietet die Fülldrahtherstellung hervorragende Möglichkeiten bei der Werkstoffentwicklung, da durch die Variation der Füllungszusammensetzungen die Schichteigenschaften in weiten Bereichen beeinflusst werden können. Für den Großteil der Anwendungen werden Drähte mit 1,6 mm bis 3,2 mm Durchmesser verwendet.

4 Arbeitsvorbereitung

Die Verarbeitung von Drähten mittels Thermischen Spritzens erfordert eine gewissenhafte Arbeitsvorbereitung. Beim Handling der Drähte muss darauf geachtet werden, dass diese nach dem

Abspulen von der Drahtrolle nicht geknickt werden, da beim Unterschreiten des kritischen Biegeradius die Geometrie des Drahtes verändert wird. Unter Umständen führt dies zu Problemen bei der Drahtförderung und -injektion in den Brenner.

Beim Abschneiden der Drähte (z. B. mit Seitenschneidern) sollte darauf geachtet werden, dass diese nicht übermäßig geknickt werden. Insbesondere bei der Zündung von Drahtflammen-Spritzbrennern besteht sonst die Gefahr, dass aufgrund großer Formabweichungen gegenüber der Innenkontur des Drahtinjektors brennbare Gase oder Flammen durch den Brenner (Drahtinjektor) zurückschlagen.

Beim Einführen der Drähte in die Förderfläche bzw. die Schlauchpakete ist darauf zu achten, dass die Drähte keinen scharfen Grat aufweisen, da dieser Schäden im Schlauch verursachen bzw. dessen Lebensdauer und Funktionsfähigkeit herabsetzen kann. Beim Einführen stark gequetschter Drähte besteht außerdem die Gefahr, dass sich Partikel aus der Drahtfüllung lösen, in den Schlauch gelangen und im Brennerbetrieb zu erhöhten Förderkräften sowie einem erhöhten Verschleiß führen.

Vor dem Zünden des Brenners ist die Länge der aus den Brennern ragenden freien Drahtenden so weit wie möglich zu reduzieren. Dadurch kann vermieden werden, dass zu Beginn des Spritzprozesses große Drahtstücke vom Brenner weggeschleudert und ggf. in Richtung des Anlagenbetriebers oder gasführender Leitungen reflektiert werden.

Grundsätzlich empfiehlt es sich, die korrekte Drahtförderung und die Brennermanipulation beispielsweise mittels Roboter, in einem Leerlauf, ohne Zündung des Lichtbogens oder der Flamme zu testen.

Tabelle 1. Einteilung der Werkstoffe zum Thermischen Spritzen gemäß Herstellungsprozess und resultierendem Drahtdesign nach DIN EN ISO 14919.

Bezeichnung	Herstellungsprozess	Struktur
Massivdraht / Stab	Schmelzmetallurgische Herstellung und Umformung	Homogene Zusammensetzung
Massivdraht / Stab	Pulvermetallurgische Herstellung und Umformung	Homogene Zusammensetzung
Fülldraht (Röhrchenfülldraht)	Auffüllen eines metallischen Rohres mit Pulver und anschließendes Umformen	Nahtlose Metallschale mit Pulverfüllung
Fülldraht (Falzdraht)	Umformen eines Metallbandes mit Pulverfüllung und Binder	Metallschale mit Pulverfüllung
Schnur	Gleichzeitiges Extrudieren von Pulver, Binder und organischer Hülle	Kunststoffschale mit Pulverfüllung
Keramischer Stab	Extrudieren und Sintern von keramischen Werkstoffen	Poröser Stab, bestehend aus gebundenen Keramikpartikeln

Tabelle 2. Typische Beispiele von Fülldrähten für das Thermische Spritzen.

Werkstoffsystem	Zusammensetzung	Schichteigenschaften Anwendungsbeispiel
Fülldrähte auf Eisenbasis	FeCrNiTiSiC	Austenitische Legierungen für den Korrosionsschutz
	FeCrNiSi	Korrosionsschutz bei hohen Temperaturen, gute Spanbarkeit
	Fe-Basis + W/C/WC	Schutz vor extremem Abrasionsverschleiß
Fülldrähte auf Nickelbasis	NiCr	Haftvermittler, Pufferschicht
	NiAl	
	NiCrB	Schutz gegen Abrasion, Korrosion, z. B. in der chemischen Industrie
	Ni-Basis + WSC/WC	Schutz vor extremem Abrasionsverschleiß
Fülldrähte auf Kobaltbasis	CoCrWFeCSiMn	Abrasions-, Reibverschleiß- und Korrosionsbeständigkeit für Verschleißringe und Bauteile in der chemischen Industrie
	CoCrMoFeNiSiMnC	Stoß-, Reibverschleiß- und Korrosionsbeständigkeit und hohe Zähigkeit für Ventilsitze, Warmstanzwerkzeuge
Sonderwerkstoffe	Al + Al ₂ O ₃	Rutschfeste Beschichtungen
	Cu + hBN	Hexagonales Bornitrid wirkt als Festschmierstoff, Einlaufschichten