

Ersetzt Ausgabe Juni 2001

**Inhalt:**

- 1 Geltungsbereich
- 2 Begriffsbestimmung
- 3 Anwendungsbereiche des thermischen Spritzens
- 4 Verfahren des thermischen Spritzens
  - 4.1 Flammsspritzen
    - 4.1.1 Drahtflammspritzen
    - 4.1.2 Pulverflammspritzen
    - 4.1.3 Hochgeschwindigkeitsflammspritzen
    - 4.1.4 Flammshockspritzen (Gasdetonationsspritzen)
  - 4.2 Lichtbogenspritzen
  - 4.3 Plasmaspritzen
    - 4.3.1 Atmosphärisches Plasmaspritzen
    - 4.3.2 Vakuumplasmaspritzen
  - 4.4 Kaltgasspritzen
  - 4.5 Sonstige Verfahren
    - 4.5.1 Weniger häufig eingesetzte Verfahren
    - 4.5.2 In der Entwicklung befindliche Verfahren
- 5 Bauteilgeometrie und -werkstoffe
- 6 Spritzzusätze
- 7 Oberflächenvorbereitung
  - 7.1 Reinigen, Entfetten und Vorbereiten
  - 7.2 Haftgrundvorbereitung
- 7.3 Schutz und Bewertung der vorbereiteten Flächen
- 8 Durchführung des thermischen Spritzens
  - 8.1 Abdecken von Flächen
  - 8.2 Vorwärmen
  - 8.3 Kühlen
  - 8.4 Arbeitstechnik beim Spritzen
- 9 Arbeits- und Umweltschutz
- 10 Haftfestigkeit und Schichtaufbau
- 11 Prüfen der Spritzschichten
  - 11.1 Optische Beurteilung
  - 11.2 Zerstörende und zerstörungsfreie Prüfverfahren
  - 11.3 Messen der Schichtdicke
  - 11.4 Haftfestigkeit der Spritzschicht
  - 11.5 Härte
  - 11.6 Porosität
- 12 Anwendungsgebiete für thermisch gespritzte Schichten
  - 12.1 Korrosionsschutz
    - 12.1.1 Schutz gegen elektrochemische Korrosion (z. B. atmosphärische Korrosion)
    - 12.1.2 Schutz gegen Heißgaskorrosion
    - 12.1.3 Schutz gegen Verzunderung
  - 12.2 Verschleißschutz
  - 12.3 Gleitschichten
  - 12.4 Dekorative Schichten
  - 12.5 Elektrisch und thermisch leitende Schichten
  - 12.6 Isolierschichten
  - 12.7 Formkörper
  - 12.8 Spritzen von Loten und Herstellung lötlähiger Schichten
  - 12.9 Wiederherstellen der Betriebsfähigkeit bei Neufertigung und Reparatur
  - 12.10 Herstellen von Einlaufschieben
- 13 Nachbehandeln thermisch gespritzter Schichten
  - 13.1 Mechanisches Nachbearbeiten
  - 13.2 Thermische Nachbehandlung
  - 13.3 Versiegeln und Anbringen von organischen Beschichtungen

- 14 Qualitätsanforderungen
- 15 Schrifttum

**1 Geltungsbereich**

Das Merkblatt enthält Empfehlungen für das fachgerechte thermische Spritzen metallischer und nichtmetallischer Zusätze auf Werkstücke aus metallischen und nichtmetallischen Grundwerkstoffen. Darüber hinaus gibt es allgemeine Hinweise zum Arbeits- und Umweltschutz sowie zu Anwendungsmöglichkeiten und zur Prüfung von thermisch gespritzten Schichten.

Weitere Empfehlungen zur Anwendung des thermischen Spritzens sind in DIN EN 14616 aufgeführt.

**2 Begriffsbestimmung**

Das thermische Spritzen umfasst Verfahren zur Herstellung von Schichten und Formkörpern, bei denen Spritzzusätze inner- oder außerhalb von Spritzgeräten, auf oder aufgeschmolzen und auf vorbereitete Oberflächen von Werkstücken aufgeschleudert werden. Die Oberflächen werden hierbei nicht aufgeschmolzen. Um spezifische Eigenschaften zu erreichen, kann die Spritzschicht zusätzlich thermisch behandelt werden.

Definitionen und Begriffe zum thermischen Spritzen sind nach DIN EN 65 festgelegt.

**3 Anwendungsbereiche des thermischen Spritzens**

Thermisch gespritzte Schichten dienen zum Verbessern der Werkstück- und Bauteileigenschaften zum Beispiel in Bezug auf Verschleiß, Korrosion, tribologisches Verhalten, Wärmeübergang bzw. -dämmung, elektrische Leitfähigkeit bzw. Isolation, Aussehen und/oder zum Wiederherstellen der Betriebsfähigkeit bei Neufertigung und Reparatur. Darüber hinaus schaffen sie für bestimmte Anwendungsfälle die Voraussetzungen für eine Lötbarkeit. Thermisch gespritzte Schichten ohne zusätzliche thermische Behandlung unterscheiden sich von Schichten, die mit Hilfe anderer Verfahren aufgebracht werden (zum Beispiel Schweißen, Löten, physikalische und chemische Beschichtungsverfahren).

Vorteile des thermischen Spritzens sind zum Beispiel:

- Die zu beschichtenden Werkstücke werden nur geringfügig erwärmt, so dass unerwünschte Gefügeveränderungen und Verzug vermieden werden. Ausgenommen sind Verfahren mit zusätzlicher thermischer Behandlung.
- Die Anwendung ist nicht von der Größe des Werkstücks oder Bauteils abhängig. Je nach Verfahren kann ein stationärer oder ortsveränderlicher Einsatz erfolgen.
- Auch kompliziert geformte Bauteile lassen sich bei Beachtung spritzgerechter Gestaltung beschichten. Einzelheiten sind in DIN EN 15520 und DVS 2308 (auslaufend) angegeben.
- Die unbehandelte Oberfläche von Spritzschichten bietet meistens einen guten Haftgrund für weitere technische Maßnahmen (zum Beispiel organische Beschichtungen).

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 Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e.V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Technischer Ausschuss, Arbeitsgruppe „Thermische Beschichtungsverfahren“

- Je nach Spritzzusatz und Verfahren lassen sich unterschiedliche Schichtdicken aufbringen, wobei als Untergrenze derzeit etwa 10 µm anzusehen sind.

Verfahrensbedingte Nachteile können zum Beispiel sein:

- Mikroporosität der Spritzschicht
- Begrenzte Haftfestigkeit der Spritzschicht
- Empfindlichkeit von bestimmten Spritzschichten ohne zusätzliche thermische Behandlung gegen Kantenpressung, punkt- und linienförmige Belastungen sowie Schläge
- Mikrostrukturelle und adhäsive Einschränkungen bei komplizierten Geometrien und zum Beispiel beim Innenbeschichten von Körpern mit geringem Innendurchmesser (minimaler Innendurchmesser z. Z. ca. 40 mm).

Bei sachgemäßer Anwendung stellt das thermische Spritzen ein wirtschaftliches Verfahren in der Neufertigung und Instandsetzung dar. Einige Hinweise über Eigenschaften von Spritzschichten folgen in Abschnitt 12. Eine zusätzliche thermische Behandlung der Spritzschicht ist im Allgemeinen nicht erforderlich (Ausnahmen siehe Abschnitt 10).

#### 4 Verfahren des thermischen Spritzens

Einen Überblick über markterhältliche bzw. markteingeführte Verfahren (Einteilung nach Energieträgern) enthält DIN EN 657.

Thermisches Spritzen lässt sich je nach Verfahren teilmechanisch, vollmechanisch oder automatisch durchführen. Beim teilmechanischen Spritzen ist ein Teil der den Ablauf des Spritzens kennzeichnenden Vorgänge, zum Beispiel der Drahtvorschub, mechanisiert, während beim vollmechanischen Spritzen alle den Ablauf des Spritzens kennzeichnenden Vorgänge mechanisiert sind. Beim automatischen Spritzen sind alle den Ablauf des Spritzens kennzeichnenden Funktionen einschließlich aller Nebentätigkeiten (inklusive Wechsel der Werkstücke) mechanisiert und laufen selbsttätig nach einem Programm ab.

Zu den am häufigsten angewendeten Verfahren zählen nach DIN EN 657:

- das Flammsspritzen,

- das Lichtbogenspritzen und
- das Plasmaspritzen.

Weniger häufig eingesetzte und in der Entwicklung befindliche Verfahren sind in Abschnitt 4.5 aufgeführt und beschrieben.

#### 4.1 Flammsspritzen

Das Flammsspritzen unterteilt sich in die Verfahrensvarianten:

- Drahtflammsspritzen (engl. wire flame spraying / WFS)
- Pulverflammsspritzen (engl. powder flame spraying / PFS)
- Hochgeschwindigkeitsflammsspritzen (engl. high velocity oxygen fuel flame spraying / HVOF) und
- Flammstocherspritzen (engl. gas detonation flame spraying / D-Gun spraying / DGS).

Als genormte Spritzzusätze finden Massivdrähte, Feldrahdrahtseile und Schnüre sowie Pulver Verwendung. Das Flammsspritzen eignet sich für Zusatzwerkstoffe, deren Schmelzpunkt bzw. Schmelzintervall unterhalb der Flammtemperatur liegt.

##### 4.1.1 Drahtflammsspritzen

Beim Drahtflammsspritzen wird der Spritzzusatz (Draht, Stab, Schnur) dem Zentrum einer Brenngas-Sauerstoff-Flamme zugeführt, dort kontinuierlich abgeschmolzen und mittels expandierender Verbrennungsgase oder mit Hilfe eines Zerstäubergases, zum Beispiel Druckluft, auf die vorbereitete Werkstückoberfläche geschleudert (Bild 1). Als Brenngase können zum Beispiel Acetylen, Propan und Wasserstoff verwendet werden. Anlagen zum Hochgeschwindigkeitsflammsspritzen mit Draht arbeiten gegenüber konventionellen Anlagen mit erhöhten Gasdrücken und angepasstem Düsensystem.

##### 4.1.2 Pulverflammsspritzen

Beim Pulverflammsspritzen wird der pulverförmige Spritzzusatz einer Brenngas-Sauerstoff-Flamme zugeführt, an- oder aufgeschmolzen und mit Hilfe der expandierenden Verbrennungsgase auf die vorbereitete Werkstückoberfläche geschleudert. Die Beschleunigung der Pulverteilchen erfolgt durch die Brenngas-Sauerstoff-Flamme. Falls erforderlich, kann hierfür auch noch ein zusätzliches Gas in die Flamme eingeblasen werden (Bild 2). Als Brenngase werden zum Beispiel Acetylen, Propan und Wasserstoff verwendet.

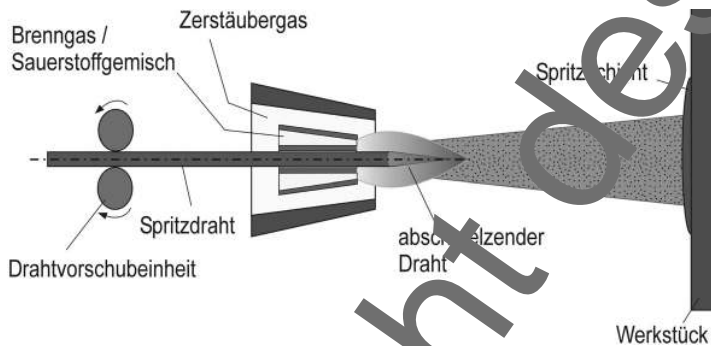


Bild 1. Schema des Drahtflammsspritzens.

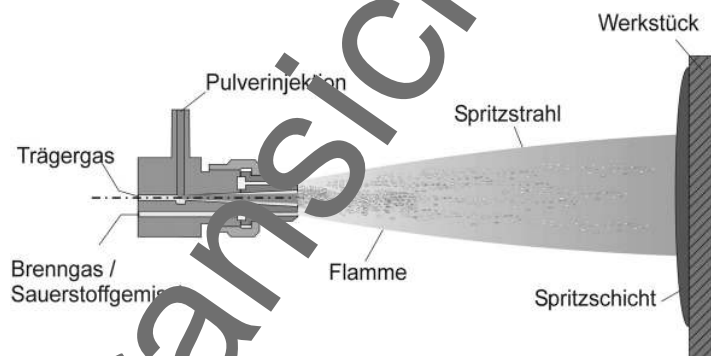


Bild 2. Schema des Pulverflammsspritzens.