

2017

MASCHINEN

Das Fachmagazin der Schweizer Maschinenindustrie

SWISS
ENGINEERING
STV UTS ATS

Vernetzte Produktion Industrie 4.0 in der Praxis

Edition 2017 · 6. Jahrgang



Additive Fertigung
Kinderhandprothesen
aus dem 3D-Drucker

Beschichtungen
Thermisches Spritzen im
Maschinenbau

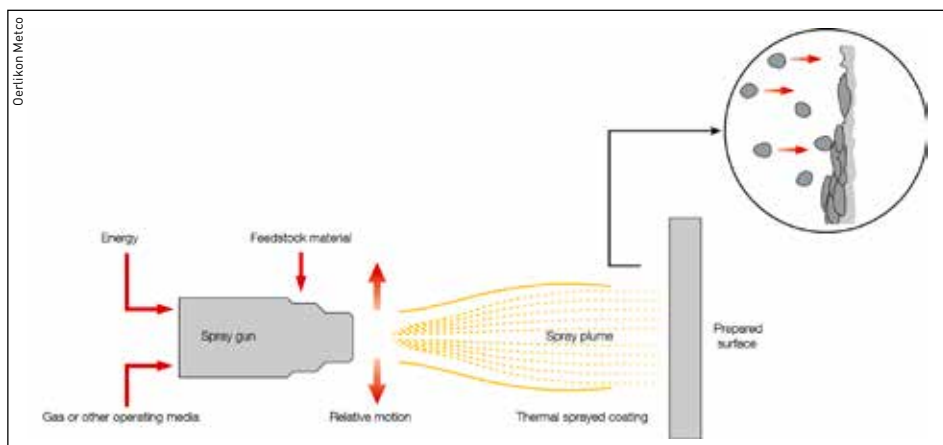
Fertigung
Werkstücke präzise
spannen

Maschinenrichtlinie
Stolpersteine bei der
Abnahme

www.swissengineering-stz.ch

Thermisches Spritzen im Maschinenbau

Der Begriff Thermisches Spritzen umfasst verschiedene Beschichtungsverfahren, die zur Erzielung gewünschter Oberflächeneigenschaften von Bauteilen eingesetzt werden. Es sind dies namentlich Flamm-, Lichtbogen- und Plasmaspritzen. Allen gemeinsam ist die Verwendung einer Wärmequelle, entweder aus einem chemischen Verbrennungsprozess (Flamme) oder durch Einsatz eines elektrischen Lichtbogens.



Prinzip des thermischen Spritzens

Bei Thermischen Spritzverfahren dient eine Wärmequelle dem Anschmelzen von draht- oder pulverförmigen Werkstoffen zu sogenannten Spritzpartikeln und deren anschließenden Beschleunigung («Spritzen») auf eine entsprechend vorbereitete Oberfläche. Durch die Erstarrung der teigigen Partikel auf der Bauteiloberfläche kommt es zum Schichtaufbau. Dieses Prinzip erklärt gleichzeitig auch die grundsätzliche Grenze des thermischen Spritzens, denn Werkstoffe ohne einen Schmelzbereich lassen sich damit nicht verarbeiten.

Bewährtes Verfahren

Die Anfänge des industriellen Thermischen Spritzens reichen bis in die Zwanzigerjahre des vergangenen Jahrhunderts zurück. Mit ausserordentlich gutem Erfolg wurden bereits damals Wasserbauwerke wie Schleusentore und Brückenelemente mittels des heute noch gebräuchlichen Spritzverzinkens beschichtet. Dabei wird Zink oder eine Zinklegierung als drahtförmiger Zusatzwerkstoff entweder durch eine Sauerstoff-Acetylenflamme geschmolzen, zerstäubt und auf das Werkstück aufgetragen (Flammspritzen) oder man führt den Zusatzwerkstoff als zwei elektrisch unterschiedlich gepolte Drähte im Kurzschluss zu (Lichtbogenspritzen). Der dabei entstehende Lichtbogen schmilzt die Drahtenden auf, und die entstehenden Schmelztröpfchen werden mittels Pressluft auf die zu beschichtende Oberfläche gespritzt. Im Gegensatz dazu reicht beim Flammspritzen die kinetische Energie der Verbrennungsgase zum Beschleunigen

der Spritzpartikel aus, so dass dafür keine Pressluft eingesetzt wird. Allerdings lassen sich mit dem Flammspritzen keine so hohen Temperaturen wie beim Lichtbogenspritzen erreichen, sodass beim Lichtbogenspritzen die Werkstoffauswahl höher schmelzende Schichtwerkstoffe zulässt. Die Vorteile des Flamm- und Lichtbogenspritzens liegen im verhältnismässig geringen Aufwand an Geräten und Hilfseinrichtungen. Die erzielbaren Schichten zeichnen sich durch gute Qualität aus und finden heute vielseitige Anwendungen, von der Instandstellung abgenutzter Maschinenteile über Korrosionsschutzschichten in Grossfeue-

rungsanlagen bis hin zu spezifischen Beschichtungen in modernen Flugtriebwerken.

Moderne Beschichtungen und Verfahren

Hohe Materialbelastungen durch ständig steigende Anforderungen in Flugzeugtriebwerken und industriellen Gasturbinen erfordern den Einsatz hochschmelzender Werkstoffe mit teils komplizierter Zusammensetzung. Hunderte von Spritzwerkstoffen auf Metall-, Karbid- oder Keramik-Basis stehen heute für die Herstellung von Beschichtungen gegen verschiedene komplexe Verschleissarten zur thermischen oder elektrischen Isolation usw. zur Verfügung. Das gegen Ende der Fünfzigerjahre entwickelte Plasmaspritzverfahren wird dafür in grossem Umfang eingesetzt. Als Energiequelle dienen hier durch einen Lichtbogen ionisierte Prozessgase (meist Argon oder Stickstoff), welche in Form eines überschallschnellen Strahls aus einem Brenner austreten. In den Strahl injizierte Pulver werden aufgeschmolzen und durch die enorme Expansion der erhitzten Gase extrem beschleunigt. Bis auf wenige Ausnahmen lässt sich alles, was schmilzt mit dem Plasmaspritzen verarbeiten. Und kontrolliert man zusätzlich noch die Prozessatmosphäre, die beim Plasmaspritzen stattfindet, erzielt man durch die extremen Temperaturen und die hohen Partikelgeschwindigkeiten Schichten von hoher Qualität. Plasmaspritz-



Ein Flammspritzgerät im Einsatz

zen in kontrollierter Atmosphäre ist das heute wohl technologisch anspruchsvollste Beschichtungsverfahren. Deshalb wird es heute häufig auch für hochbeanspruchte Bauteile wie z.B. Gasturbinenschaufeln standardmässig eingesetzt, um heissgaskorrosionsbeständige Schichten aufzubringen oder für Beschichtungsprozesse mit einem hohen Automatisierungsgrad, wie in der Automobilindustrie üblich.

Hohe Geschwindigkeit für karbidische Stoffe

Deutlich jünger als das Plasmaspritzen unter kontrollierter Atmosphäre ist die Geschichte des Hochgeschwindigkeits-Flammspritzens (HVOF), bei dem eine Verbrennungsflamme unter Ausbildung von Überschallströmungen sehr hohe kinetische Energien auf die Spritzpartikel überträgt. Da das HVOF ähnliche Schmelztemperaturen aufweist wie das konventionelle Flammspritzen, werden die sehr guten Schichtqualitäten im wesentlichen durch die hohen Partikelgeschwindigkeiten erreicht. Das HVOF hat sich durch seine speziellen Eigenschaften besonders beim Beschichten mit karbidischen Schichtwerkstoffen durchgesetzt und wird mehr und mehr auch für metallische Legierungen benutzt. Die mit dem Thermischen Spritzen hergestellten Schichtstärken liegen im Bereich von 20 µm bis mehrere Millimeter. Die Haftung der in der Regel abgeplatteten Pulverpartikel ist auf der meist korundgestrahlten und damit aufgerauten Werkstückoberfläche eine rein mechanische. Je nach Verfahren bzw. dessen kinetischer Energie sowie der Art des Pulverwerkstoffs können Haftfestigkeit und Porosität der Schichten um einiges auseinanderliegen.



Beschichtete Gasturbinenschaufeln

Möglichkeiten für das Thermische Spritzen im Maschinenbau

Der Eindruck, der allgemeine Maschinenbau habe die Möglichkeiten des Thermischen Spritzens nur unzureichend erkannt, ist nicht ganz verfehlt. Mit Sicherheit waren teilweise Misserfolge in den Anfängen der Technologie eher schädlich für die Vertrauensbildung, sodass das enorme Potenzial bis heute nur wenig genutzt wird. Seinerzeit waren Kenntnisse zum Betriebsverhalten von Schichten, die wirklichen Möglichkeiten und gegebenen Grenzen kaum verfügbar. Erschwerend kam hinzu, dass die besonderen Eigenschaften thermisch gespritzter Schichten besondere konstruktive Massnahmen am Bauteil erfordern. All dies macht die bisherige Zurückhaltung im Maschinenbau, das Thermische

Spritzen einzusetzen, verständlich, ist aber mit den bis heute gewonnenen Erkenntnissen und Entwicklungen tatsächlich überholt.

Konstrukteure denken zu spät an die Beschichtung

Besonders auf dem Gebiet einer spritzgerechten Konstruktion verfügt man heute über die notwendigen Erfahrungen. Leider zeigt die Praxis jedoch, dass häufig von den Konstrukteuren erst an eine Beschichtung gedacht wird, wenn das bereits fertig konstruierte Bauteil den Betriebsbelastungen nicht standhält. Die nachträglich eingebrachte Beschichtungsspezifikation muss dann derart viele Kompromisse eingehen, dass die Beschichtung nur zu einem Bruchteil ihre eigentliche Stärke ausspielen kann. Es ist daher nur folgerichtig, wenn der Wissensaustausch zwischen Konstrukteuren und Spritzfachleuten bereits bei der Auslegung eines Bauteils stattfindet. Unterstützend ist mit Sicherheit auch die Ausbildung und Information der Konstrukteure hinsichtlich der Möglichkeiten Thermisch gespritzter Schichten. Mit bestem Beispiel ging hier beispielsweise die Automobilindustrie bei der Konstruktion von Schaltgetrieben voraus, was einen wesentlichen Erfolg dieser Baugruppe am Auto ausmachte. Trotz des Mehraufwandes, das mit dem Thermisch Spritzen verbunden ist, zeigte auch die Kosten-Nutzen-Analyse deutliche Vorteile gegenüber anderen Lösungen.

Immerhin gibt es im Maschinenbau seit vielen Jahren erfolgreiche Anwendungen des Thermischen Spritzens, so beispielsweise die Beschichtung von Walzen für Druckmaschinen, von Walzen und Rollen in der Stahlindustrie, von Walzen und Zylindern zur Papierherstellung oder Lagerflächen und Wellen für Pumpen in der chemischen und Petro-Industrie. ●

Thermisch gespritzte Schichten

- Die Einsatzbedingungen des Bauteils und die zu erwartenden Beanspruchungen entscheiden über die Art der Beschichtung
- Analyse zur Feststellung von Kosten und Nutzen ist unabdingbar
- Die Art der Beschichtung und die Kosten-Nutzen-Analyse entscheiden über das einzusetzende Beschichtungsverfahren und ob man eine Dienstleistung in Anspruch nimmt oder selber beschichtet
- Bauteile sind ‚spritzgerecht‘ auszuliegen
- Thermisch gespritzte Schichten können praktisch auf alle Grundwerkstoffe aufgetragen werden, die sich durch Strahlen aufrauen lassen. Die Härte sollte wenn möglich etwa 55 HRC nicht überschreiten
- Die Wärmeeinbringung in das Werkstück ist zu berücksichtigen. Sie reicht von vernachlässigbar beim Plasmaverfahren bis zu hoch beim HVOF-Spritzen
- Das Zusatzmaterial umfasst praktisch sämtliche schmelzbaren Werkstoffe, praktischerweise Metalle, Legierungen, Karbide, Metalloxide, Kunststoffe etc. sowohl in Pulver- als teilweise auch in Drahtform
- Thermische Spritzschichten können sehr präzise und masshaltig aufgebracht werden. Die Spritzgeräte werden meist durch Handhabungseinrichtungen geführt
- Schichten können je nach Anwendung wie gespritzt eingesetzt oder aber durch Schleifen, Polieren u.ä. nachbearbeitet werden
- Spritzschichten können entfernt und erneut aufgebracht werden. Dies erlaubt z.T. eine mehrmalige Instandstellung der Bauteile. Prominentes Beispiel: Turbinenschaufeln

► www.oerlikon.com/metco



Funktionelle Oberflächenlösungen

Oerlikon Metco entwickelt und erzeugt Werkstoffe und Systeme, aber auch spezialisierte Beschichtungen für Komponenten, um die hohen Anforderungen an die technischen Oberflächen aus den Bereichen Luftfahrt, Energieerzeugung, Fahrzeugtechnik, Öl und Gas sowie anderen spezialisierten Industriemärkten zu erfüllen.

Mit unseren Oberflächenlösungen erzielen Sie höhere Leistungen, verlängern die Lebensdauer und senken die Kosten für Produktion und Wartung.

Machen Sie Oerlikon Metco zu Ihrem Partner für funktionelle Oberflächenlösungen!



www.oerlikon.com/metco

oerlikon
metco