

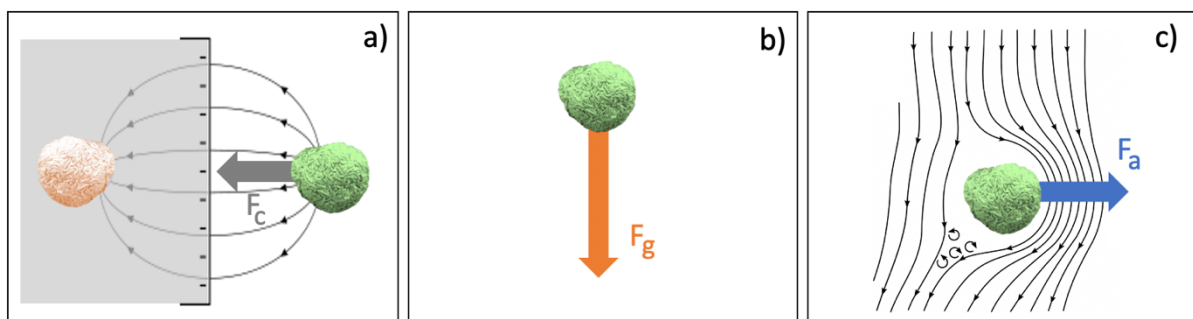
Pulverbeschichtung von scharfen Kanten vor der Aushärtung

Die Einhaltung der Toleranzfenster einer Beschichtung kann je nach Geometrie des Werkstücks zu einer Herausforderung werden. Die Pulverpartikel werden durch Elektrostatik, Gravitation und Strömung beeinflusst. Während man sich die Wirkung der ersten beiden vorstellen kann, treten bei der Strömungsmechanik überraschende Effekte auf.

Nils Reinke, co-CEO coatmaster AG

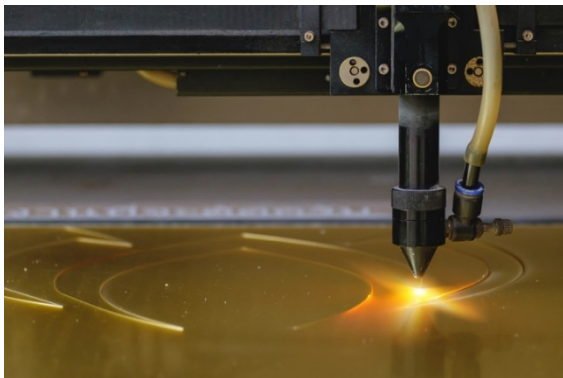
Pulverbeschichtungen erfreuen sich wachsender Beliebtheit aufgrund vorteilhafter mechanischer Eigenschaften und der lösemittelfreien Applikation. Pulverlacke verleihen Oberflächen nicht nur eine hochwertige Erscheinung, sondern auch funktionale Eigenschaften. Zu den wichtigsten funktionalen Eigenschaften gehören der Schutz gegen Korrosion und die elektrische Isolation. Eine Pulverbeschichtung kann diese Eigenschaften nur erfüllen, wenn die Schichtdicke einem vorgegebenes Toleranzfenster weder unter- noch überschreitet.

Je nach Geometrie des zu beschichtenden Werkstücks kann die Einhaltung der Toleranzfenster zu einer technischen Herausforderung werden. Die Pulverpartikel werden bei der Applikation massgeblich durch drei physikalische Effekte beeinflusst, nämlich die Elektrostatik, die Strömung und die Gravitation. Während man sich die Wirkung von elektrostatischen Kräften und der Gravitation oft plastisch vorstellen kann, kommt es im Zusammenspiel mit der Strömungsmechanik zu überraschenden Effekten, wie in diesem Artikel anhand der Beschichtung einer scharfen Kante zeigen soll.



1 Zu den dominanten physikalischen Effekten bei der Pulverbeschichtung gehören a) die elektrostatische Kraft, b) die Gravitationskraft und c) die Strömungskraft.

Scharfe Kanten gelten auch nach der Beschichtung als Schwachstellen für den Korrosionsschutz und der elektrischen Isolation. Die Schwachstelle entsteht, da die nötige Mindestschichtdicke an der scharfen Kante nicht aufgebaut werden kann. Sie entstehen typischerweise durch das Abkanten von Blechen oder durch Laserschneiden. Eine wirksame Gegenmaßnahme ist die Verrundung von scharfen Kanten durch Strahlen oder Schleifen. Ein Effekt, der zum Unterschreiten der vorgegebenen Mindestschichtdicke führen kann, ist die Kantenflucht. Bei der Kantenflucht fließt das Beschichtungsmaterial getrieben durch die Oberflächenspannung nach dem Erweichen im Ofen von der Kante fort. Im Bereich der Krümmung nimmt die Schichtdicke damit ab und in unmittelbarer Umgebung entsteht eine Fettkante.



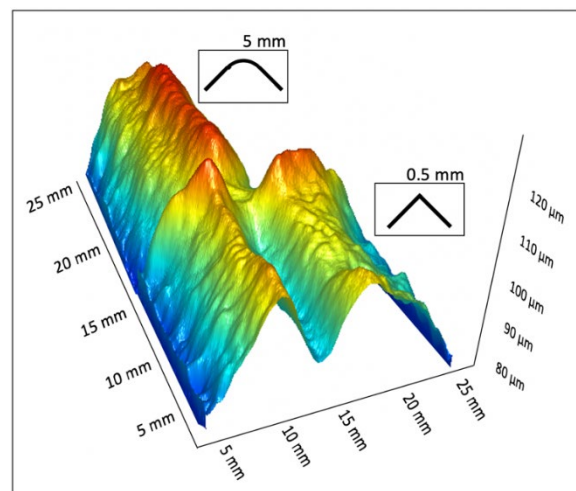
2 Scharfe Kanten, die beim Laserschneiden von Blechteilen entstehen, sollten vor der Beschichtung durch geeignete Maßnahmen abgerundet werden.

Neue Untersuchungen zeigen nun, dass die Schichtdicke auf der Kante vor dem Einbrennen niedriger ist, als gemeinhin angenommen. In einem Versuch werden zwei Profile mit zwei unterschiedlichen Krümmungsradien (5mm und 500µm) gleichzeitig pulverbeschichtet (RAL 2008,

glattverlaufend). Die Pulverpistole befindet sich in einem Abstand von 50 cm zum Werkstück, bei einer Hochspannung von 50kV und einer Förderluft von xx l/min. Nach der Pulverbeschichtung wird die Schichtdickenverteilung vor dem Einbrennen mit einem coatmaster 3D gemessen. Der gemessene Bildausschnitt beträgt 25mm x 25mm, bei einer Bildauflösung von 100µm pro Pixel.

Im hinteren Teil der Abbildung 3 ist die Schichtdickenverteilung über einen Krümmungsradius von 5mm dargestellt. Die Schichtdicke auf der Kante ist rund 40% höher als auf dem Flanken des Profils. Eine andere Situation zeigt sich auf Profilen mit scharfen Krümmungsradius von 500µm. Hier liegt die Schichtdicke unmittelbar auf der Kante rund 20% unter jener der Nachbarschaft.

Die erhöhte Schichtdicke auf der verrundeten Kante lässt sich auf die Wirkung Elektrostatik zwischen Pulverpistole und dem geerdeten Bauteil zurückführen. Elektrisch geladene Pulver-



3 Schichtdickenverteilung auf Profilen mit unterschiedlichen Krümmungsradien aufgenommen mit einem coatmaster 3D atline

partikel werden entlang elektrischer Feldlinien zu Kanten beschleunigt und lagern sich dort ab. Zur Erklärung der geringeren Schichtdicke auf der scharfen Kante müssen neben den elektrostatischen Kräften auch die vorherrschenden Strömungskräfte berücksichtigt werden. Bei der Umströmung scharfer Kanten löst sich die Strömung ab und es kommt zu einer Ausbildung eines ausgeprägten Unterdruckgebietes. Damit ist, nach Bernoulli, ein erheblicher Geschwindigkeitsanstieg an der Kante verbunden. Strömungskräfte überwiegen in der Nähe von scharfen Kanten daher den elektrostatischen Kräften und Pulverpartikel können sich nicht ablagern.

Neben der Kantenflucht ist die Strömungsmechanik eine wesentliche Ursache für die Ausbildung von Schwachstellen bei der Pulverbeschichtung zum Korrosionsschutz und der elektrischen Isolation. In einem laufenden Forschungsprojekt zur Optimierung von Verlaufeigenschaften funktionaler Pulverlacken wird daher berücksichtigt, dass Beschichtungsmaterial sowohl von der Kante weg (klassische Kantenflucht) als auch zur Kante hin fließen kann (Kantenzulauf). Der bildgebenden Schichtdickenmessung kommt bei der Entwicklung von Beschichtungsmaterialien mit verbesserten Kantenabdeckung eine zentrale Rolle zu.

Autor

Prof. Dr. N. A. Reinke
Mitgründer, co-CEO
coatmaster AG
CH-Winterthur
Tel. +41 52 2120277
info@coatmaster.com
www.coatmaster.com