

Neuronale Netze berechnen Sprühbilder von Lackzerstäubern

ABB Automation GmbH
Unternehmensbereich
Robotics
Grüner Weg 6
D-61169 Friedberg
Tel. +49 6031 850
Fax +49 6031 85297
robotics@de.abb.com
www.abb.de/robotics

Für Lackhersteller und Betreiber von Lackieranlagen ist die Vorhersage des Applikationsverhaltens eines Zerstäubers enorm wichtig. Dabei interessieren vor allem die Sprühgeometrie sowie die Optik der lackierten Flächen.

Pour les fabricants de laques et exploitants d'installations de laquage, la prévision du comportement à l'application d'un pulvérisateur est extrêmement importante. Il s'agit avant tout de la géométrie de pulvérisation et de l'aspect des surfaces laquées.

Die Hersteller und Betreiber von Lackieranlagen sehen den Lack als eine feste Grösse an, der in einem möglichst weiten Bereich der Applikationsparameter des Zerstäubers zu einem zufrieden stellenden Lackierergebnis führen muss. Nur auf diese Weise ist sichergestellt, dass den Entwicklern bei der Gestaltung der Roboterprogramme möglichst viele Freiheitsgrade zur Verfügung stehen, die wiederum die Grundlage für die Flexibilität eines automatisierten Lackiersystems darstellen. Die Hersteller der eingesetzten Lacke müssen damit neben der Forderung zur Erzielung einer bestimmten Lackqualität einem weiteren Anspruch gerecht werden: So sind die Lacke für eine grosse Band-



Das «Hollow-Wrist»-Handgelenk von ABB besitzt äusserst dynamische Eigenschaften. Die Strom- und Lackversorgung erfolgen im inneren des Handgelenks



Hocheffizienter Rotationszerstäuber, ein ideales Lackierwerkzeug, das den hohen Anforderungen der Automobilindustrie entspricht

breite unterschiedlicher Zerstäuber so zu gestalten, dass sie sich in einem möglichst grossen Applikationsparameterbereich verarbeiten lassen. Typischerweise ist dafür eine hohe Anzahl kosten- und zeitintensiver Laborversuche erforderlich.

Durch die Simulation des Applikationsverhaltens von Zerstäubern unter gegebenen Randbedingungen mit definierten Lackeigenschaften erschliesst sich den Lackherstellern ein erhebliches Kosteneinsparungspotenzial. Auch die Entwickler und Betreiber der Lackieranlagen profitieren von simulierten Applikationsprozessen durch die zuverlässige Vorhersage der Lackqualität bei Verwendung unterschiedlicher Farben oder der Bearbeitung verschiedener Teile. Grundsätzlich stehen zwei Verfahren für eine Simulation zur Verfügung:

eine physikalisch basierte Methode sowie eine empirische Methode mittels künstlicher neuronaler Netze.

Physik hat ihre Grenzen

Die physikalisch basierte Methode versucht, den kompletten Applikationsprozess mit hoher Detailtiefe aller Prozessparameter nachzubilden. Aufgrund der extremen Komplexität des Lackierprozesses ist dies tatsächlich meistens nicht viel mehr als ein Versuch: Die existierenden Simulationsverfahren berücksichtigen zum Beispiel die spezifischen Eigenschaften des Lackes sowie den eigentlichen Zerstäubungsvorgang nicht beziehungsweise benötigen Messungen als Ausgangsbasis für ihre Simulationen.

Die Basis der physikalischen Methoden ist meistens ein Strömungsberechnungsprogramm. Sie berechnen damit anhand von Strömungs- und Ladungsverhältnissen, der Drehzahl sowie anderen Einflussfaktoren die Bewegungsbahnen für eine repräsentative Anzahl von Lackpartikeln. Die Bewegungsbahn beginnt unmittelbar nach dem Ort der Zerstäubung (z. B. bei einem Rotationszerstäuber hinter der Glockenkante) und endet je nach Wirkungsgrad des Lackierprozesses auf oder auch neben dem zu lackierenden Objekt. Wurde die Bewegungsbahn für eine genügend hohe Anzahl an Lackpartikeln kalkuliert, lässt sich die Lackverteilung unter dem Zerstäuber berechnen, was zurzeit allerdings einen Rechenaufwand von rund zwölf Stunden pro Sprühbild erfordert.

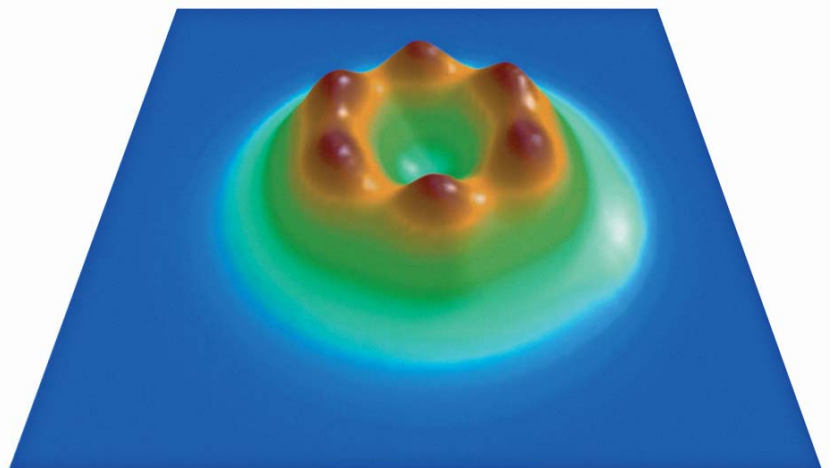
Neuronale Netze «denken» weiter

Eine besser an die Komplexität der Prozesse angepasste Vorgehensweise ist die empirische Methode mittels künstlicher neuronaler Netze, die ABB im Simulationsprogramm «Virtual Applicator» anwendet. Dabei wird lediglich der Zusammenhang zwischen den Eingangsparametern wie zum Beispiel Farbmenge, Drehzahl oder Lenkluft sowie dem sich ergebenden Sprühbild hergestellt. Ein direktes physikalisches Modell ist nicht hinterlegt.

Die Detailtiefe ist damit deutlich geringer, beschränkt sich auf das Lackiererergebnis selbst und beinhaltet nicht den Prozess. Der Zerstäuber wird als «Black Box» behandelt, deren Eingangsgrößen die realen physikalischen Parameter darstellen und deren Ausgang eine mathematische Beschreibung des Sprühbilds ist.

Die Funktionsweise des Simulationsprogramms lässt sich mit einer «intelligenten» Sprühbildbibliothek vergleichen, wobei die Intelligenz durch die künstlichen neuronalen Netze repräsentiert wird. Wie der Begriff Bibliothek verdeutlicht, ist eine Grundvoraussetzung der empirischen Methode, dass eine genügend hohe Anzahl an gemessenen Ergebnissen (Sprühprofilen) und den dazugehörigen Applikationsparametern für den zu simulierenden Zerstäubertyp zur Verfügung steht.

Diese gemessenen Sprühprofile sind die Lerndatenbasis, welche dem Programm in einem Lern-



Grafische Darstellung der Sprühbildgeometrie

prozess präsentiert wird. Auf dieser Grundlage entwickelt die Software ein gemeinsames Verständnis für alle Sprühprofile, indem sie unabhängig vom physikalischen Prozess einen Zusammenhang zwischen Eingangswerten und Ergebnis herstellt. Der Zusammenhang selbst ist dann in Form der angelegten neuronalen Netze gespeichert, liegt aber nicht als nach physikalischen Gesichtspunkten nachvollziehbare analytische Gleichung vor. Nach dem Anlernprozess ist das System in der Lage, nicht nur für bekannte Eingangsparameter-Kombinationen ein Ergebnis zu berechnen, sondern auch die Sprühbilder unbekannter Parameterkombinationen vorherzusagen.

Kurze Rechenzeit

Vorteilhaft an dieser Vorgehensweise ist neben einer extrem kurzen Rechenzeit, dass die Generierung eines physikalischen Modells entfällt. Aufgrund der hohen Komplexität der Vorgänge ist dies faktisch ohnehin nicht für den gesamten Prozess realisierbar. Mit der empirischen Methode lassen sich zudem auch Abhängigkeiten von höchster Komplexität darstellen. So ist es beispielsweise möglich, neben den üblichen Applikationsparametern auch farbspezifische Größen wie die Viskosität als Eingangsparameter für die Berechnung zu verwenden und die entsprechenden Auswirkungen auf das Lackiererergebnis zu bestimmen. Die einzige Einschränkung in diesem Zusammenhang besteht darin, dass der Parameterbereich durch Messungen abgedeckt sein muss.

Da den Anlagenherstellern und -betreibern in der Regel aus Freigabeversuchen oder Inbetriebnahmen ein grosser Fundus an Sprühprofilen mit variierten Applikationsparametern vorliegt, ist das Anlernen des ABB-Systems meistens problemlos möglich. Auch den Lackherstellern liegen üblicherweise Messungen vor, bei denen die lackspezifischen Eigenschaften systematisch variiert werden. Unter Verwendung dieser Messwerte liess sich künftig sogar eine direkte Darstellung des Einflusses der Lackeigenschaften auf das Lackiererergebnis durchführen. ■