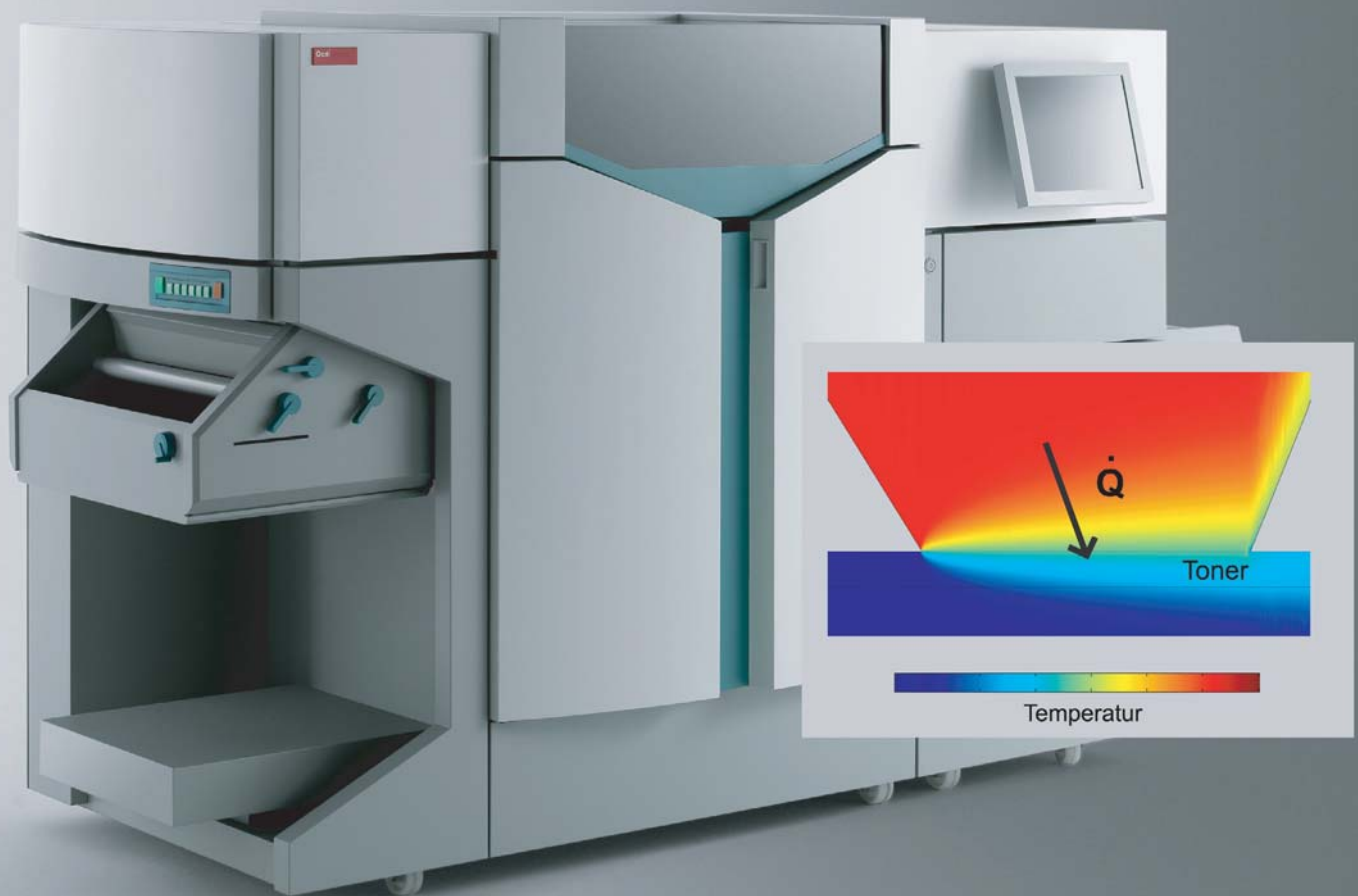


Konstruktion

Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe

Organzeitschrift der VDI-Gesellschaften Entwicklung Konstruktion Vertrieb (VDI-EKV) und Werkstofftechnik (VDI-W)



Titelthema: Produktentwicklung

Schnelle Herstellung von komplexen Formen

Durchgängig bis zur SPS visualisieren

Sicher pumpen und lüften

Bürstenlose DC-Antriebe –
die vielseitigen Problemlöser

FACHTEIL

Ingenieur
Werkstoffe

„Intelligente“
Prüftechnik

Nanostrukturen
aus Kohlenstoff

Mikrostrukturen
auf Oberflächen

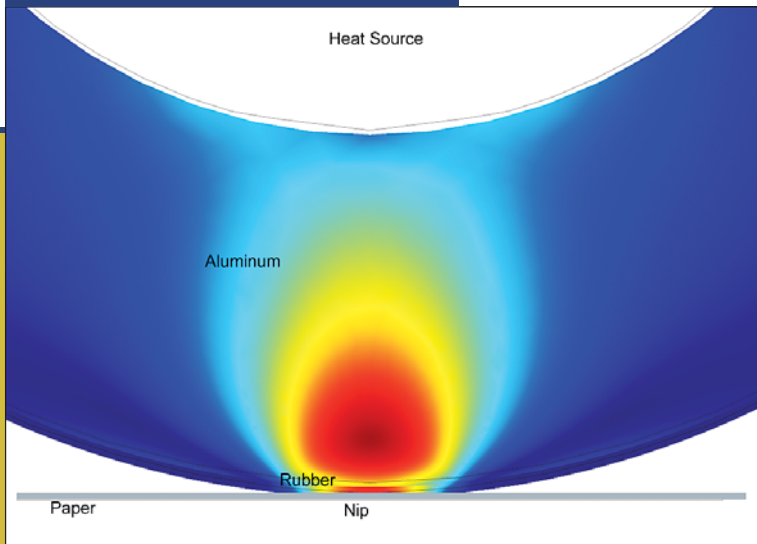


Bild 1

Simulation der verformten Walze beim Druckvorgang: Nipbildung und von-Mises-Spannungen

Simulation eines Hitze-Druck-Fixiervorgangs

Mit Hilfe von rechnergestützten Simulationen können in der Produktentwicklung erhebliche Kosten-, Zeit- und Qualitätsvorteile erzielt werden. Der Beitrag beschreibt die konkrete Vorgehensweise am Beispiel der Entwicklung einer Drucker-Fixiereinheit.

Beim elektrophotographischen Druckverfahren wird ein pulverförmiger Farbstoff, meist ein Polymertoner, auf Papier oder einen anderen Bedruckstoff aufgebracht und dort durch Wärmeeinwirkung fixiert. Dabei überschreitet der Toner die sogenannte Glastemperatur (das ist die Temperatur, bei der das Tonermaterial in einen glasartigen Zustand übergeht) und erreicht einen viskosen Zustand, bei dem sich die einzelnen Partikel untereinander verbinden und sich in den Papierfasern einhaken. Erst dadurch wird eine mechanisch stabile, abriebfeste Schicht erzeugt. Besonders für den professionellen

Hochgeschwindigkeitsdruck der Océ Printing Systems GmbH mit bis zu 1000 Seiten/min Druckgeschwindigkeit ist es daher für die Auslegung einer Fixiereinheit von grundlegender Bedeutung, dass bei allen Geschwindigkeiten, Papierdicken und Tonermaterialien die gesamte Tonerschicht bis zum Papier über die Glastemperatur erwärmt wird.

Zur Reduzierung von zeit- und materialintensiven Versuchsreihen wurde eine Simulation der verwendeten Hitze-Druck-Fixiereinheit erstellt, mit deren Hilfe sehr einfach Variationen der relevanten Parameter durchgeführt werden können. Der zentrale Teil dieser Fixiereinheit ist eine gummibeschichtete Aluminiumwalze, in deren Inneren sich ein Heizstrahler befindet. Die Walze wird auf das zu fixierende Papier gedrückt, aufgrund des sich verformenden Gummis ergibt sich eine Kontaktzone (Nip), in der der Wärmestrom von der Walze auf die Tonerschicht übergeht. Die Simulation besteht im wesentlichen aus drei gekoppelten Teilen: Zuerst die Verformung der Gummibeschichtung unter dem gegebenen Anpressdruck, danach die Bewegung der verformten Walze und letztendlich die Wärmeleitung und Konvektion

in den sich bewegenden Medien. Bei dieser Wärmesimulation müssen insbesondere die nichtlinearen Materialeigenschaften des Toners berücksichtigt werden. Als Softwarepaket wurde „FEMLAB“ verwendet, ein Produkt des schwedischen Herstellers Comsol AB. Mit der Software kann eine Kopplung zwischen den verschiedenen physikalischen Effekten (Multiphysics) relativ leicht vorgenommen werden. Außerdem konnten die Ergebnisse aufgrund der engen Integration mit MATLAB (The Mathworks) einfach in die vorhandenen Auswertungsprogramme übernommen werden.

Simulation

Da entlang der Walzenachse keine Veränderung zu erwarten ist, wurde zur Vereinfachung der Rechnung eine 2D-Simulation durchgeführt. In einem späteren Schritt sollen jedoch auch 3D-Rechnungen durchgeführt werden, um Randeffekte mit zu erfassen. Bild 1 zeigt das Ergebnis der strukturellen Berechnung der verformten Walze. Da sich auf der Rückseite der Papierbahn zur Stabilisierung eine gleichgroße, unbeheizte Walze befindet, genügt es aus Symmetrie-

gründen, die obere Hälfte zu berechnen.

Da für die Wärmesimulation der konvektive Anteil einen wesentlichen Einfluss hat, muss die Materialbewegung $v(x)$ korrekt bestimmt werden. Dazu wird eine Navier-Stokes-Simulation der oben berechneten verformten Walzengeometrie durchgeführt (Bild 2). Die Randbedingungen dabei sind die Drehbewegung des Walzenkerns und die tangentielle Bewegung der verformten Walze mit der Druckgeschwindigkeit. Die für die Rechnung benötigte Viskosität des Gummis ließ sich messtechnisch nur schwer bestimmen. Es zeigte sich jedoch, dass bei der sehr hohen Viskosität des hier verwendeten Gummis eine Schwankung der Viskosität im Rahmen des Messfehlers nur einen sehr geringen Einfluss auf das Ergebnis der Rechnung hat.

Mit diesen Ergebnissen kann die eigentliche Wärmesimulation durchgeführt werden. Als Randbedingungen werden dabei ein konstanter Wärmestrom des Heizstrahlers sowie ein mit Raumtemperatur zugeführtes Papier angenommen. Für die Berechnung werden außerdem die Wärmeleitfähigkeiten und -kapazitäten der beteiligten Materialien benötigt. Bei der Messung dieser Größen zeigt

Autor

Dr. Rainer Hoffmann
Océ Printing Systems GmbH
OPS TEC 23

Kontakt:
Femlab GmbH
Berliner Str. 4
37073 Göttingen
Tel.: 05 51/9 97 21-0
Fax: 05 51/9 97 21-29
E-Mail: info@femlab.de
www.femlab.de

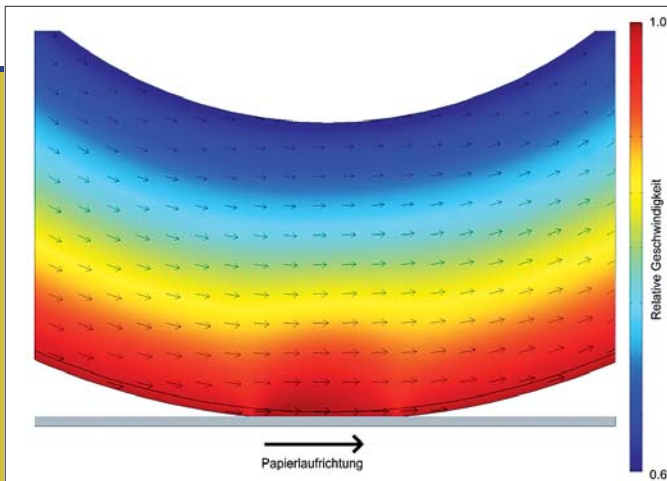


Bild 2

Bewegung der verformten Fixierwalze

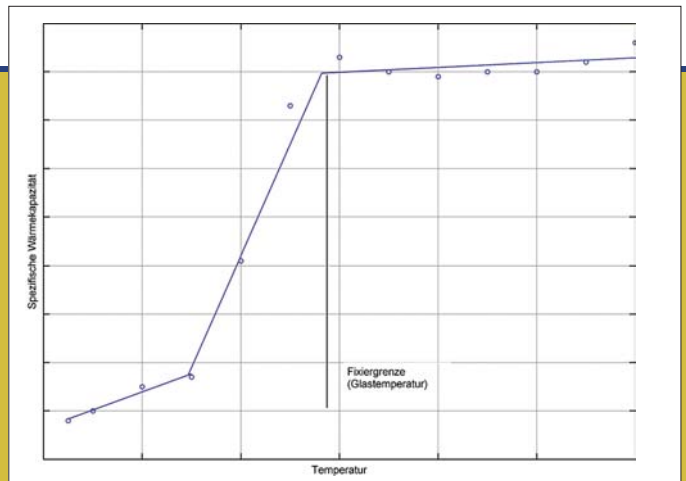


Bild 3

Temperaturverhalten des Toners

sich, dass insbesondere der Toner, bedingt durch den Übergang bei der Glastemperatur, eine starke Abhängigkeit von der Temperatur zeigt (Bild 3). Für die Simulation wurde das Temperaturverhalten abschnittsweise linear gefittet und ein nicht-linearer Solver verwendet, der das Problem iterativ löst.

Ergebnis

Das Ergebnis der Simulation wird in Bild 4 dargestellt (zur besseren Sichtbarkeit ist die Darstellung in y-Richtung zehnfach überhöht und nur der oberste Teil der Papierbahn abgebildet): Es zeigt sich der experimentell bekannte, große Einfluss der Wärmekapazität des Papiers. Trotz des hohen Temperaturgradienten von Walze zu Toner wird die Tonerschicht nur vergleichsweise langsam erwärmt und erreicht bei weitem nicht die Temperaturen der

Walze. Dieser Effekt steigt mit zunehmender Papierdicke und ist in der Praxis eine der wesentlichen Begrenzungen für die Einsetzbarkeit von schwerem Papier.

Zur genaueren Beurteilung, ob wirklich die gesamte Tonerschicht die Glastemperatur überschreitet, sind in Bild 5 die Temperaturverläufe in der Tonerschicht dargestellt. Die drei Kurven stehen dabei jeweils für die Kontaktfläche mit der Fixierwalze, für die Mitte der Tonerschicht und für die Kontaktfläche mit dem Papier. Deutlich erkennbar ist dabei, wie zeitverzögert die Erwärmung des Toners an der Kontaktfläche zum Papier geschieht im Vergleich zu dem Toner, der direkt im Kontakt mit der Fixierwalze ist. Im Bild ist der Vergleich der Temperaturverläufe für zwei verschiedene Druckgeschwindigkeiten dargestellt. Es zeigt sich in Übereinstimmung mit den experi-

mentellen Befunden, dass bei der höheren Druckgeschwindigkeit der Toner die Glastemperatur nur an der Oberfläche, nicht aber in der gesamten Schichtdicke erreicht. Dies führt dazu, dass die Oberfläche des Druckbilds zwar glatt und ohne partikuläre Struktur erscheint, aber die Haftung zum Papier mangelhaft ist, so dass zum Beispiel beim Knicken des Papiers sich Teile des Toners ablösen. Als Abhilfe wäre es möglich, für hohe Geschwindigkeiten nur geringere Papierdicken zuzulassen oder die Tonerschichtdicke und entsprechend die Schwärzung zu reduzieren. Eine systematische Parametervariation in der Simulation erlaubt es, das multidimensionale Kennfeld für die Parameter Heizleistung, Nipbreite, Druckgeschwindigkeit, Papierdicke etc. zu bestimmen und damit den Einsatzbereich einer Fixiereinheit korrekt zu spezifizieren.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Simulation konnten mit relativ geringem Arbeits- und Rechenaufwand die Arbeitsbereiche einer Fixierstation ermittelt werden. Durch die Möglichkeit, Ergebnisse auch an messtechnisch nicht zugänglichen Stellen zu erhalten, konnten neue Erkenntnisse über den Prozessablauf gewonnen werden. Der experimentelle Aufwand wurde auf die Durchführung von Referenzversuchen reduziert, mit denen die Ergebnisse der Simulation überprüft wurden.

Als Erweiterung der Simulation könnte eine wärmeisolierende dünne Luftschicht zwischen Toner und Fixierwalze berücksichtigt werden, die die ungleichmäßige, raue Oberfläche des Toners nachbildet, sowie die Schmelzwärme des Toners mit einbezieht.

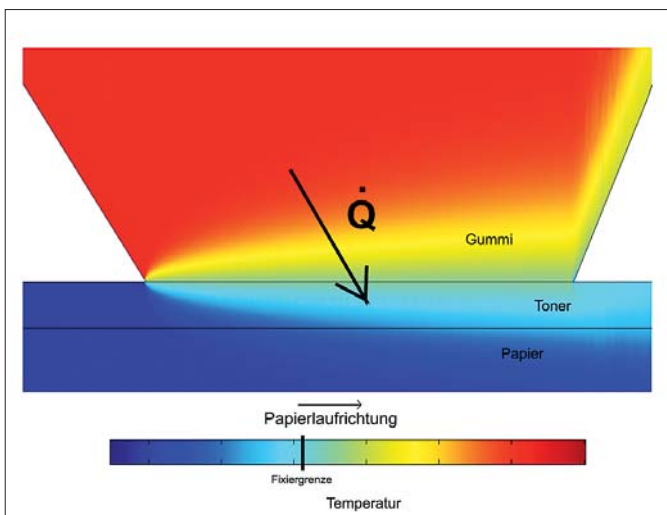


Bild 4

Temperaturübertrag im Nip (zehnfache Überhöhung in y-Richtung)

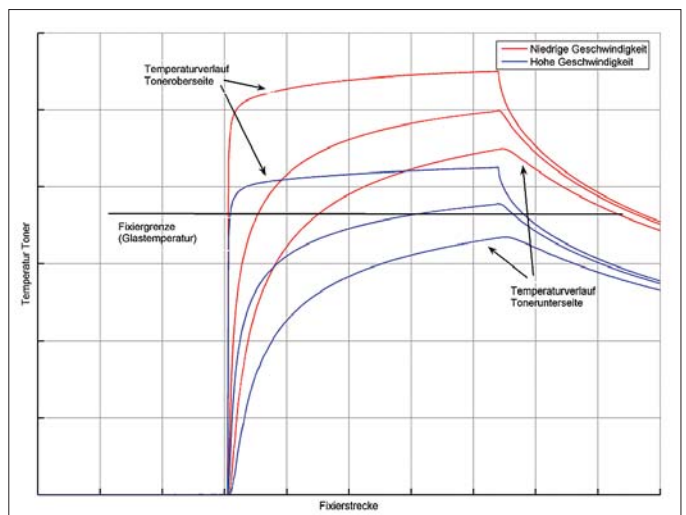


Bild 5

Temperaturverlauf der Tonerschicht bei zwei verschiedenen Geschwindigkeiten