

Vorhangbeschichtung - Ein Überblick

Beschichtung als Oberflächenveredelung dient zum Schutz und zum Versiegeln von Oberflächen (z.B. Lackierungen), erzeugt spezielle Oberflächeneigenschaften, die eine Weiterverarbeitung positiv beeinflussen bzw. ermöglichen (z.B. Fotoanwendungen) oder erzeugt das eigentliche Produkt (z.B. Elektronische Filme). Der folgende Überblick befasst sich ausschliesslich mit der kontinuierlichen Beschichtung von bandförmigen Trägermaterialien wie z.B. Papierbahnen oder Folien.

In dieser Gruppe unterscheidet man zwischen selbstdosierenden Verfahren wie z.B. Rollen- oder Rakelverfahren sowie vordosierten Beschichtungsverfahren wie z.B. Schlitz- oder Vorhanggiessverfahren. Bei den vordosierten Verfahren wird die gewünschte Schichtstärke nicht mit Dosierelementen eingestellt sondern eine Pumpe fördert die erforderliche Flüssigkeitsmenge bei Auswahl der gewünschten Schichtstärke, Arbeitsbreite und Geschwindigkeit. Dieser Zusammenhang lässt sich einfach darstellen, wobei der Volumenstrom auf eine Breitereinheit (z.B. ein Meter) normiert ist.

$$H_{\infty} = \frac{Q}{U}$$

H_{∞}	=	Nassfilmdicke
Q	=	Volumenstrom pro Einheit Breite
U	=	Bahngeschwindigkeit

Curtain coating – an overview

Coating is an effective way of surface upgrading - by applying protective or sealing layers (such as varnishes), developing specific surface properties which facilitate or enable further processing or converting operations (like photographic uses) or lead to a certain product (like electronic films). The present article deals with the continuous coating of web-shaped substrates or base materials such as paper webs or films.

Processes belonging to this group can be subdivided into self-metering techniques such as roll- or blade coating, and pre-metered techniques such as slot die- or curtain coating. Pre-metered processes employ a pump instead of metering elements: The pump delivers the amount of liquid necessary to produce a desired coat thickness across a desired width at a desired speed, the three parameters adjustable in the process.

This relationship is described by a simple equation, where volume flow has been standardized to a unit of width (one meter, for example).

$$H_{\infty} = \frac{Q}{U}$$

H_{∞}	=	Thickness of the wet film
Q	=	Volume flow per unit width
U	=	Web speed

Die Hauptvorteile dieser vordosierten Verfahren sind wie folgt:

- Einfache Berechnung des Auftragsgewichts ("Massenerhaltung")
- Kleinste Auftragsprofilabweichung ($\pm 0.5\%$ längs, $\pm 1\%$ quer)
- Die Filmdicke selbst hängt nicht von den physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeiten sowie den geometrischen Verhältnissen ab
- Die Filmdickengenauigkeit quer zur Bahn wird in erster Linie durch die Auslegung und die Fertigungsgenauigkeit der Düse beeinflusst
- Keine Überschussflüssigkeit benötigt
- Kontaktlose Verfahren
- Mehrfachbeschichtung in einem Durchgang möglich
- Möglichkeiten für Zweikomponenten-Anwendungen (z.B. mit Härter)

Die Methode des Vorhangbeschichtungsverfahrens wird bereits seit den 1970er Jahren in der Photographischen Industrie zur Beschichtung mehrlagiger Produkte eingesetzt.

Das Vorhangbeschichten erzeugt eine gleichmässige Schichtstärke auch bei unebenen Substraten. Eine Übersicht der Anwendungsgrenzen zeigt die folgende Tabelle, die genauen Zahlenwerte hängen von einer Vielzahl von Parametern ab, welche die Darstellung in einer einfachen Tabelle sprengen würde.

Parameter	Minimum	Maximum
Bahngeschwindigkeit [m/s]	< 1	> 35
Nassfilmdicke (Gesamtpaket) [μm]	> 10	–
Trockenfilmdicke (einzelne Schicht) [μm]	< 1	–
Viskosität [Pas]	0.010	10
Anzahl Schichten [-]	> 10	–
Oberflächenspannung [mN/m]	–	< 40
Volumenstromdichte [$\text{cm}^3/\text{cm}^2\text{s}$]	> 1	–

Ein wichtiger Parameter ist die erforderliche Volumenstromdichte, der notwendig ist, um einen stabilen Vorhang zu erzeugen. Daraus ergibt sich bei gegebener Bahngeschwindigkeit eine minimale Filmdicke. Zur Veranschaulichung ist in Abbildung 1 der Zusammenhang zwischen trockener Schichtstärke (H_{dry}) und minimaler Bahngeschwindigkeit (U) gezeigt, die je nach Feststoffgehalt (c) der Beschichtungslösung erforderlich ist. Hieraus zeigt sich tendenziell, dass mit dem Vorhangverfahren dünne Schichten bei hohen

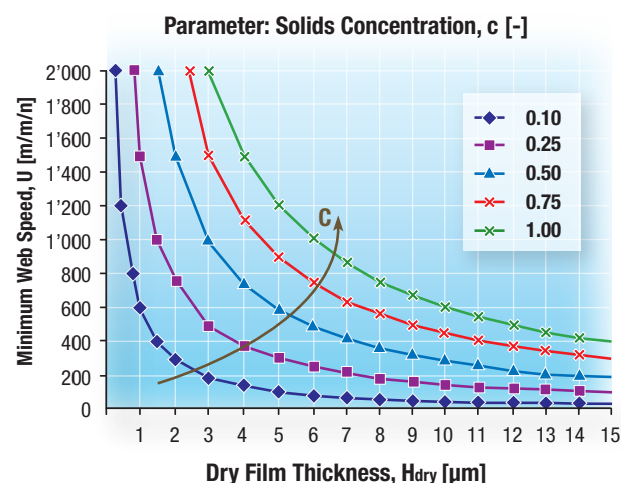


Figure 1: Curtain coating is capable of producing both thin layers at high speeds and thicker layers at lower speeds

Main advantages of pre-metered techniques include:

- Simple calculation of coat weights ("conservation of mass")
- Minimum deviation of application profiles ($\pm 0.5\%$ in MD, $\pm 1\%$ in CD)
- Film thickness depends neither on physical properties of the liquid nor on geometry
- Film thickness accuracy in CD is determined mainly by the design, dimensions and manufacturing tolerances of dies
- No surplus coating liquid
- Contact-less application process
- Multiple layer coating possible within just one pass
- Possibilities for two-component applications (coating colour and hardeners, for example)

The photographic industry has used curtain coating processes for the production of multi-layer products already since the nineteen seventies.

Curtain coating gives a constant coat thickness also on uneven substrates. The table below shows the application limits of the technology. The values in the table are just ballpark figures - more detailed figures would make it necessary to consider a multitude of further variables, which would go beyond the scope of a simple table.

Parameter	Minimum	Maximum
Web speed [m/s]	< 1	> 35
Wet film thickness (total) [μm]	> 10	–
Dry film thickness (single layer) [μm]	< 1	–
Viscosity [Pas]	0.010	10
No. of layers [-]	> 10	–
Surface tension [mN/m]	–	< 40
Volume flow density [$\text{cm}^3/\text{cm}^2\text{s}$]	> 1	–

Volume flow density is an important parameter to achieve a stable process and produce a minimum film thickness at a given web speed. This is illustrated by the diagram below, which depicts the relationship between dry film thickness (H_{dry}) and minimum web speed (U) at certain solids concentrations (c) of the coating solution. Figure 1 shows – at least as a broad tendency – that curtain coating is capable of producing both thin layers at high speeds and thicker layers at lower speeds. It is possible to achieve high coat weights at high speeds, whereas attempts to apply thin layers at low speed often fail due to insufficient curtain stability.

The pictograms in Figure 2 illustrate the various die or nozzle designs used in curtain coating: Slot dies are usually employed for single-layer products, cascade dies for single- and multilayer products. Both designs are suitable for full-width („overboard“) or dry-edge („inboard“) curtain coating, with adjustable coating widths if desired. „Multi-layer“ processes which apply several layers of liquid in one single operation make it possible to produce very thin individual layers, and to optimize products and the efficiency of production. Common applications of curtain coating are specialty papers and pressure-sensitive labels today, but the technology is making inroads into other areas (like electronic films) as well. In the paper industry, curtain coating has been used especially for the production of inkjet and thermal papers or other specialty papers for several years. The technology is in principle also suitable for the coating of printing papers or cardboard packaging materials, applications which are

Geschwindigkeiten oder auch eher dicke Schichten bei niedrigen Geschwindigkeiten erzielt werden können. Hohe Auftragsgewichte bei hohen Geschwindigkeiten sind möglich, wobei das Auftragen dünner Schichten bei niedrigen Geschwindigkeiten häufig an der fehlenden Stabilität des Vorhangs scheitert.

Die Piktogramme in Abbildung 2 zeigen eine Unterteilung der Vorhangbeschichtung nach der Bauform der verwendeten Düse, wobei das Vorhangverfahren mit einer Schlitzdüse in der Regel für einschichtige Produkte und das Vorhangverfahren mit einer Kaskadendüse üblicherweise für ein- und mehrschichtige Produkte eingesetzt wird.

Mit beiden Düsenbauformen lassen sich Produkte mit trockenen Rändern als auch mit Beschichtung bis zum Rand erzeugen, sowie auf Wunsch die benötigte Beschichtungsbreite einstellen. Durch den Einsatz vom „Multilayer“-Verfahren, in dem in einem Arbeitsgang mehrere Flüssigkeitsschichten aufgetragen werden, können auch sehr dünne Einzelschichten erzeugt werden, sowie eine Optimierung der Produkte und der Effizienz der Produktion erreicht werden. Die häufigsten Anwendungen sind aktuell in der Produktion von Spezialpapieren sowie bei der Herstellung von Selbstklebeetiketten zu finden. Andere Anwendungen (z.B. in der Herstellung von elektronischen Filmen) nutzen mittlerweile aber auch die Vorzüge des Vorhangverfahrens. Für die Papierindustrie sind insbesondere Inkjet- und Thermopapiere zu nennen, welche schon seit einigen Jahren im Vorhangverfahren hergestellt werden, wie auch andere Spezialpapiere. Die Herstellung von gestrichenen Papieren für Druckprodukte sowie gestrichenen Kartonagen ist prinzipiell auch möglich und ist derzeit in der Erprobung. Abbildung 3 zeigt einige Beispiele mehrschichtiger Vorhangdüsen.

Harald Döll

TSE Troller Schweiter Engineering AG

✉ harald.doell@tse-coating.ch

Michael Pietsch

☎ 0049 89 12146 467

✉ michael.pietsch@ptspaper.de

currently being tested. The photographs in Figure 3 show some examples of multi-layer curtain coating dies.

Harald Döll

TSE Troller Schweiter Engineering AG

✉ harald.doell@tse-coating.ch

Michael Pietsch

☎ 0049 89 12146 467

✉ michael.pietsch@ptspaper.de

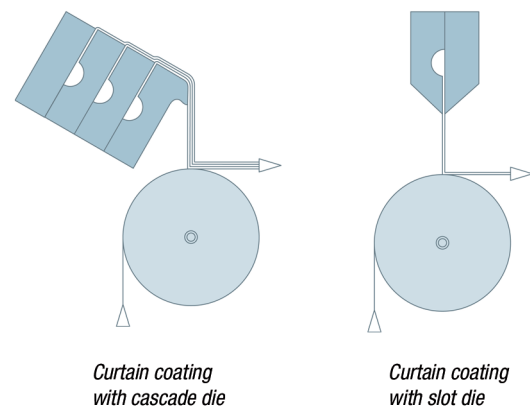
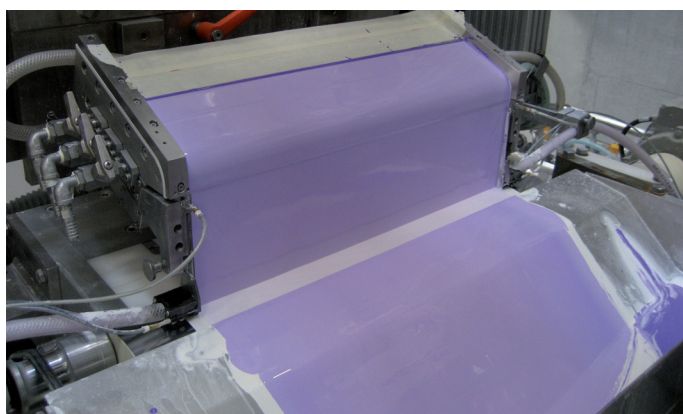


Figure 2: Various die or nozzle designs used in curtain coating



3-layer PTS die



4-layer pilot coating die



industrial 4-layer curtain coating die

Figure 3: Some examples of multi-layer curtain coating dies