

Neuartige Beschichtungswerkzeuge für Massenstrom- und Viskositätsabhängige Querverteilungen aufgetragener Nassfilmdicken

Novel Coating Tools for Mass Flow- and Viscosity-Independent Lateral Distributions of Applied wet Film Thickness

ZUSAMMENFASSUNG. Im vorliegenden Bericht wird ein Verteilersystem für Beschichtungsdüsen beschrieben, das eine Gleichförmigkeit des Beschichtungsfluids über die gesamte Substratbreite bei Nassfilm-Beschichtungen garantiert, die mit herkömmlichen Verteilersystemen so nicht erreichbar ist. Im Gegensatz zu herkömmlichen Beschichtungswerkzeugen können unterschiedliche Beschichtungsflüssigkeiten (mit verschiedensten Viskositäten und Oberflächenspannungen) nur durch eine Beschichtungsdüse abgedeckt werden, ohne Qualitätseinbußen in der Querverteilungsgenauigkeit zu erhalten. Zudem haben Änderungen des Massenstroms (also unterschiedliche Nassfilmschichtdicken) keinen Einfluss auf die Querverteilung. Damit lässt sich ein Beschichtungswerkzeug herstellen, das für praktisch alle Massenflüsse und Viskositäten Einsatz finden kann.

Bei diesem Beschichtungswerkzeug, einer so genannten viskositäts- und massenstromunabhängigen Beschichtungsdüse, ist im Gegensatz zu herkömmlichen Düsen zudem die Spaltbreite des Auslaufschlitzes frei wählbar und kann genutzt werden, um den eigentlichen Schichtauftrag zu optimieren. Bei herkömmlichen Verteilersystemen, die gemäß der «Infinite Cavity Method» oder der «Coat Hanger Method» arbeiten, wird die Spaltbreite des Auslaufschlitzes zum Erreichen der Gleichverteilung des Massenstroms der aufzutragenden Beschichtungsflüssigkeit benötigt. Das bewirkt die Abhängigkeit der Gleichverteilung der aufgetragenen Schichtdicke vom Massenstrom und der Fluidviskosität.

Aufgrund der Unabhängigkeit der Querverteilung von der Spaltbreite kann zudem die Schlitzdüse mit sehr geringen Innendrücken betrieben werden. Dies ist insofern wichtig, da vorhandene hohe Systemdrücke bei herkömmlichen Beschichtungsdüsen zu Spaltbreitenänderungen und damit zu resultierenden, schlechten Querverteilungen führen.

ABSTRACT. This paper describes a distribution system for coating nozzles that guarantees uniformity of the coating fluid over the entire width of the substrate for wet film coatings. This uniformity is unattainable in normal distribution systems. As opposed to standard coating tools, different coating fluids (with a wide variety of viscosities and surface tensions) can be covered by only one coating nozzle without generating losses in the quality of the lateral distribution precision. In addition, changes in the mass flow (i.e. varying wet film coating thicknesses) have no effect on the lateral distribution. As a result, one coating tool can be manufactured that can be used for practically all mass flows and viscosities.

Furthermore, as opposed to normal nozzles, the gap width of the discharge slit in this coating tool – a so-called viscosity- and mass flow-independent coating nozzle – can be freely selected. This can be used to optimise the coating itself. In standard distribution systems which operate based on the «infinite cavity» or «coat hanger» methods, the gap width of the discharge slit is required to attain the uniform distribution of the mass flow of the coating fluid to be applied. The result is that the uniform distribution of the applied coating thickness depends on the mass flow and the fluid viscosity.

Due to the independence of the lateral distribution from the gap width, the gap nozzle can be operated at a very low internal pressure. This is important because the high system pressure for normal coating nozzles leads to changes in the slit width, thus resulting in poor lateral distributions.

With the new type of coating nozzle described here, high investment costs for several coating nozzles that are designed for special fluids are a thing of the past. A wide spectrum of fluids with a very broad range of viscosity (10^4), both in high- and low-viscosity fluids, can now be covered with only one coating nozzle. The viscosity- and mass flow-independent

Mit der vorgestellten neuartigen Beschichtungsdüse gehören hohe Investitionskosten für mehrere, auf spezielle Fluide ausgelegte Beschichtungsdüsen der Vergangenheit an, da nun unterschiedlichste Fluide in einer sehr großen Viskositätsbandbreite (10^4), sowohl im hoch- als auch niederviskosen Bereich, mit nur einer Beschichtungsdüse abgedeckt werden können. Die viskositäts- und massenstromunabhängigen Beschichtungsdüsen werden als Schlitz- und Mehrschicht-Gleitfilmdüsen für Standard- (Querverteilungsgenauigkeit $\leq \pm 5\%$), für Qualitäts- ($\leq \pm 3\%$) sowie für Präzisionsanwendungen ($\leq \pm 1\%$) gefertigt. Durch die Auswahl einer für die jeweilige Anwendung erforderlichen Düsen-Qualitätsstufe (Standard, Qualität, Präzision) kann jeweils ein optimales Preis-/Leistungsverhältnis sichergestellt werden. Im Vergleich zu einer Präzisionsdüse liegt die mögliche Investition für eine Qualitätsdüse bei ca. 80 % der Präzisionsdüse und reduziert sich nochmals auf ca. 60 % für eine Standard-Beschichtungsdüse.

Zudem sind aufgrund der generellen Funktionsweise der Beschichtungsdüsen meist keine kundenspezifischen Auslegungen mehr erforderlich, so dass die Beschichtungsdüsen einerseits auf Lager gefertigt (um lange Lieferzeiten zu minimieren) und andererseits kostengünstig hergestellt werden können.

1. HERKÖMMLICHE VERTEILERSYSTEME FÜR SCHLITZDÜSEN. In der heutigen Beschichtungstechnik finden selbstdosierende Verfahren Anwendung, um dünne Flüssigkeitsschichten auf Substraten aufzutragen. Diese Verfahren sind dadurch charakterisiert, dass die erreichte Filmschichtdicke durch den Beschichtungsvorgang bestimmt wird und nicht durch kontrollierte Maßnahmen beim Betrieb des Beschichtungswerkzeuges festgelegt werden kann. Die Schichtdicke auf dem Substrat stellt sich relativ unkontrolliert ein und ist stark von den Fluideigenschaften, dem gewählten Beschichtungsverfahren und seinen frei wählbaren Parametern und der Beschichtungsgeschwindigkeit abhängig.

Für einige in der Beschichtungsindustrie eingesetzte Substrate, vor allem solche mit Funktionsschichten, ist aber gerade die Genauigkeit der aufgetragenen Schichtdicke von essentieller Bedeutung. Unkontrollierbare Schichtdickenvariationen, bedingt durch Änderungen der Produktionsbedingungen oder durch Änderungen der Fluideigenschaften, sind heute für eine Vielzahl von Beschichtungen nicht mehr vertretbar. Dies ist der Grund für den Einsatz von so genannten vordosierten Beschichtungsverfahren, bei denen die angestrebte Schichtdicke durch den gemessenen Massenstrom und die bekannte Substratgeschwindigkeit (U_w , Webvelocity) bestimmt ist:

$$(1) \quad \dot{m} = \rho U_w h$$

wobei \dot{m} der Massenstrom pro Meter Substratbreite ist, ρ die Fluidichte, U_w die Substratgeschwindigkeit und h die Höhe bzw. Dicke der aufgetragenen Schicht. Durch das Messen von \dot{m} und die Festlegung der Substratgeschwindigkeit kann die Schichtdicke h vorgegeben werden. Unabhängig von sonstigen Prozessparametern oder von Eigenschaften des Beschichtungsfluids ergibt sich die gewünschte Schichtdicke, d. h. es stellt

coating nozzles are manufactured as slit and multi-layer lubricating film nozzles for standard (lateral distribution precision $\leq \pm 5\%$), quality ($\leq \pm 3\%$) and precision applications ($\leq \pm 1\%$). By selecting the nozzle quality level that is required for the corresponding application (standard, quality, or precision), an optimum price/performance ratio can be ensured. Compared with a precision nozzle, the potential investment for a quality nozzle is approximately 80 % of that for the precision nozzle. This is reduced again to approximately 60 % of that for a standard coating nozzle.

In addition, customised layouts are usually no longer required, due to the coating nozzle's general method of operation; the coating nozzles can be produced so that they can be used not only off the shelf (to minimise long delivery times) but also inexpensively.

STANDARD DISTRIBUTION SYSTEMS FOR SLIT NOZZLES. In current coating technology, self-dosing procedures are used to apply thin layers of fluids on to substrates. What characterizes these procedures is that the film layer thickness attained is determined by the coating procedure, and that this cannot be specified by controlled measures when operating the coating tool. The layer thickness on the substrate is relatively uncontrolled, depending strongly on the fluid properties, the coating procedure chosen and its freely selectable parameters, in addition to the coating velocity.

However, it is precisely the precision of the applied layer thickness that is essential for certain substrates used in the coating industry, especially those with functional layers. Uncontrollable layer thickness variations caused by changes in production conditions or in fluid properties are no longer tenable for many coatings today. This is the reason why so-called pre-dosed coating procedures are used, in which the intended layer thickness is determined by the measured mass flow and the known substrate velocity (U_w , web velocity):

$$(1) \quad \dot{m} = \rho U_w h$$

where \dot{m} is the mass flow per meter of substrate width, ρ the fluid density, U_w the substrate velocity and h the height/thickness of the applied layer. The layer thickness h can be specified by measuring \dot{m} and by specifying the substrate velocity. The desired layer thickness results regardless of other process parameters or of the properties of the coating fluid, i.e. a stable coating process results with a narrow tolerance for the applied film thickness.

Even without detailed explanations, it can be seen that the advantages of the pre-dosed coating procedure do not apply if it is not possible to provide a lateral distribution of the mass flow using a coating tool at high precision, i. e. with values of:

$$(2) \quad \frac{-\Delta \dot{m}}{\dot{m}} \leq 1.0\% \text{ for precision nozzles}$$

$$(3) \quad \frac{-\Delta \dot{m}}{\dot{m}} \leq 3.0\% \text{ for quality nozzles}$$

$$(4) \quad \frac{-\Delta \dot{m}}{\dot{m}} \leq 5.0\% \text{ for standard nozzles}$$

sich ein stabiler Beschichtungsprozess ein, mit einer engen Toleranz für die aufgetragene Filmschichtdicke.

Es ist, ohne tief greifende Erläuterungen ersichtlich, dass die Vorteile der vordosierten Beschichtungsverfahren nicht zur Geltung kommen, wenn es nicht gelingt, die Querverteilung des Massenstroms durch ein Beschichtungswerkzeug mit hoher Präzision so bereitzustellen, d. h. zu Werten von:

$$(2) \quad \frac{-\Delta \dot{m}}{\dot{m}} \leq 1.0 \% \text{ bei Präzisionsdüsen}$$

$$(3) \quad \frac{-\Delta \dot{m}}{\dot{m}} \leq 3.0 \% \text{ bei Qualitätsdüsen}$$

$$(4) \quad \frac{-\Delta \dot{m}}{\dot{m}} \leq 5.0 \% \text{ bei Standarddüsen}$$

Dies gelingt zwar mit den herkömmlichen Beschichtungswerkzeugen für vordosierte Beschichtungen, allerdings nur für eine Reynoldszahl Re der Strömung für einen Massenstrom und eine Fluidviskosität:

$$5) \quad Re = \frac{\dot{m}}{\mu}$$

Dies bedeutet, dass die angestrebte, hohe Querverteilungsgenauigkeit ausschließlich für einen Massenstrom und eine vorgegebene Fluidviskosität erreicht werden kann. Damit müssen bei dem Einsatz existierender Beschichtungswerkzeuge Ungenauigkeiten in der Massenquerverteilung toleriert werden, wenn sich der Gesamtmassenstrom durch ein Beschichtungswerkzeug ändert, oder wenn unterschiedliche Fluide beispielsweise infolge von unterschiedlichen Beschichtungslosgrößen zum Einsatz kommen. Eine konstante Querverteilungsgenauigkeit der Filmschichtdicke über die Substratbreite eines Beschichtungs Vorganges kann damit für sich ändernde Reynoldszahlen mit herkömmlichen Beschichtungswerkzeugen nicht erreicht werden.

Um die aufgeführte Problematik zu beseitigen, führte die FMP Technology GmbH Entwicklungen durch, die in Beschichtungsdüsen (Schlitz- und Multilayer-Gleitfilmdüsen) resultierten, welche für einen Bereich von 1 bis 10.000 mPas keinen Einfluss der Fluid-Viskosität auf die Genauigkeit der Querverteilung mehr aufweisen. Eine ähnlich große Bandbreite an Massenstrom-Variationen kann gleichfalls zugelassen werden, ohne dass eine negative Beeinträchtigung der Fluidquerverteilung auftritt.

2. NEUARTIGE VERTEILERSYSTEME FÜR SCHLITZDÜSEN. Der im ersten Teil der vorliegenden Darstellungen zusammenfassend dokumentierte Stand der Technik in der Herstellung von Schlitz- und Gleitfilmdüsen für Nassfilmbeschichtungen ist im Allgemeinen bekannt. Die herausgestellte Abhängigkeit der Querverteilung von der Reynoldszahl (siehe Gleichung 3) wird allerdings bei vielen Anwendungen von Beschichtungswerkzeugen als unerwünscht empfunden, da in einigen Beschichtungsanlagen Massenstrom- und Viskositätsänderungen der Beschichtungsfluide mehrmals täglich vorgenommen werden müssen. Damit verbunden sind unabwendbare Änderungen der Querverteilungsgenauigkeit, wenn ein- und dasselbe Beschichtungswerkzeug zur Anwendung kommt. Der Einsatz mehrerer Beschichtungswerkzeuge ist erforderlich, um die gewünschte Querverteilungsgenauigkeit für sich ändernde Viskositäten bzw. Massenströme sicher zu stellen.

Although this works with the usual coating tools for pre-dosed coatings, it is possible for only one Reynolds number (Re) of the flow, for one mass flow and one fluid viscosity:

$$(5) \quad Re = \frac{\dot{m}}{\mu}$$

This means that the desired high lateral distribution precision can be attained solely for one mass flow and one predefined fluid viscosity. As a result, inaccuracies in the mass lateral flow must be tolerated when using existing coating tools, such as when the total mass flow through a coating tool changes or when different fluids are used, e.g. as a result of varying coating lot sizes. Therefore, a constant lateral distribution precision of the film thickness over the width of the substrate during a coating procedure cannot be attained for changing Reynolds numbers using normal coating tools.

In order to eliminate this problem, FMP Technology GmbH conducted experiments that resulted in coating nozzles (slit and multi-layer lubricating film nozzles) that no longer show an effect of the fluid viscosity on the precision of the lateral distribution between 1 and 10,000 mPas. A similarly broad range of mass flow variations can also be used without having a negative influence on the fluid lateral distribution.

NEW TYPE OF DISTRIBUTION SYSTEMS FOR SLIT NOZZLES. The state of the art of the manufacture of slit and lubricating film nozzles for wet film coatings documented above is generally well known. However, the demonstrated dependence of the lateral distribution of the Reynolds number (see equation 3) is often not desired in many applications of coating tools, as mass flow and viscosity changes of the coating fluids must be made several times per day in certain coating plants. This is linked to unavoidable variations in the lateral distribution precision if the same coating tool is used. Several coating tools must be used to ensure the desired lateral distribution precision for changing viscosities/mass flows.

Due to the situation described above, FMP Technology GmbH carried out research and development to create coating tools that did not lead to changes in the lateral distribution precision of the applied layer thicknesses, even for Reynolds number variations of $\frac{Re_{max}}{Re_{min}} = 10^4$. These developments are complete and have been patented. They resulted in slit and lubricating film nozzles for the pre-dosed coating of wet films that have the exact same lateral distribution precision of the applied layer. This has been proven for the Re range $\frac{Re_{max}}{Re_{min}} = 10^4$ mentioned above. The following gives a summary of the developments and results.

The coating nozzles required for practical work can be designed in such a manner that Reynolds numbers in the range $Re \leq 5 \times 10^2$ occur even at high coating velocities. This means that it is possible to manufacture distribution systems for the interior of slit and lubricating film nozzles which do not have to attain the lateral distribution precision by a pressure loss in the connection slits of distribution chambers or by a pressure loss in the «outlet slit» of a slit nozzle. Very good lateral distributions for the film thicknesses to be attained can be obtained by guiding the flow from the inlet into the area of the outlet slit.

Die oben aufgeführte Situation hat die FMP Technology GmbH veranlasst, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchzuführen, um Beschichtungswerkzeuge zu erstellen, die selbst bei Reynoldszahlvariationen von $\frac{Re_{max}}{Re_{min}} = 10^4$ zu keinen Änderungen der Querverteilungsgenauigkeit der aufgetragenen Schichtdicken führen. Diese Entwicklungen sind abgeschlossen und konnten erfolgreich patentiert werden. Sie resultierten in Schlitz- und Gleitfilmdüsen für die vordosierte Beschichtung von Nassfilmen, die ein- und dieselbe Querverteilungsgenauigkeit der aufgetragenen Schicht aufweist. Dies wurde für den oben angegebenen Re-Bereich von $\frac{Re_{max}}{Re_{min}} = 10^4$ nachgewiesen. Eine zusammenfassende Darstellung der Entwicklungen und der Ergebnisse ist nachfolgend gegeben.



Abb. 1b: Mögliche Geometrie des patentierten Verteilersystems für Schlitzdüsen der FMP Technology GmbH.

Fig. 1b: Possible geometry of the patented FMP Technology GmbH distribution systems for slit nozzles.

Die für die Praxis benötigten Beschichtungsdüsen lassen sich derart auslegen, dass selbst bei hohen Beschichtungsgeschwindigkeiten Reynoldszahlen auftreten, die im Bereich von $Re \leq 5 \times 10^2$ liegen. Dies bedeutet, dass Verteilersysteme für den Innenbereich von Schlitz- und Gleitfilmdüsen möglich sind, welche die Querverteilungsgenauigkeit nicht durch den Druck-

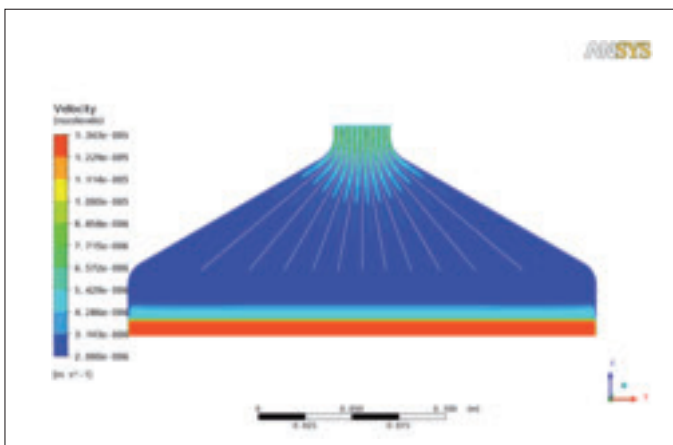


Abb. 2b: Geschwindigkeitsverteilung ($Re=0,01$)

Fig. 2b: Velocity distribution ($Re = 0.01$)

abfall in Verbindungsschlitzten von Verteilkammern und nicht über den Druckabfall des «Auslaufschlitzes» einer Schlitzdüse

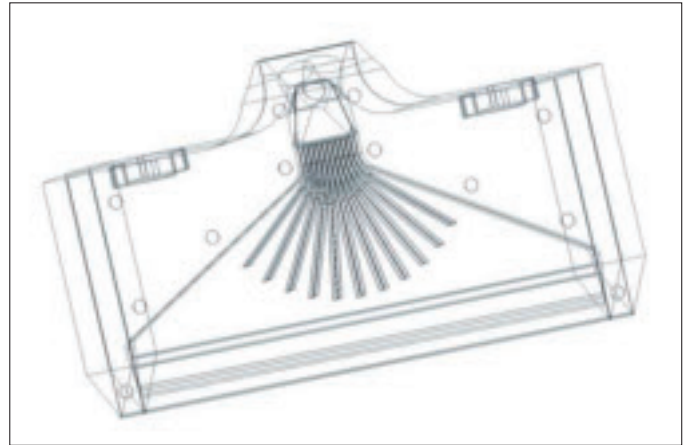


Abb. 1a: Mögliche Geometrie des patentierten Verteilersystems für Schlitzdüsen der FMP Technology GmbH.

Fig. 1a: Possible geometry of the patented FMP Technology GmbH distribution systems for slit nozzles.

After diverse layout calculations based on observations of integral flow mechanics, FMP Technology GmbH were able to devise a suitable basic geometry for a certain distribution system and to set it up for initial numerical investigations and subsequent numerical optimisations. This development work resulted in the distribution system shown in Fig. 1. It consists of a fan-shaped insert that uniformly distributes the fluid coming

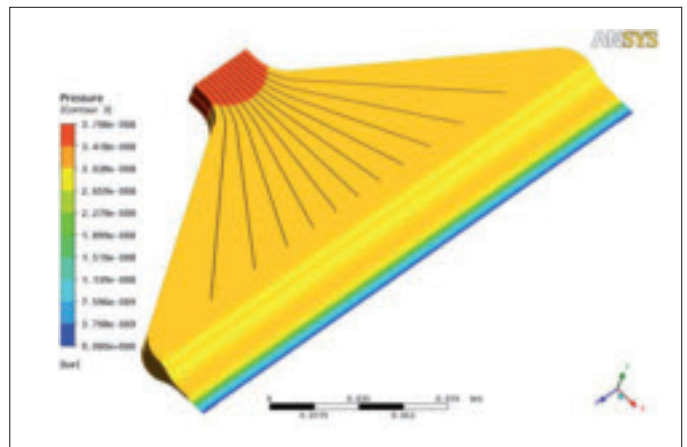


Abb. 2a: Druckverteilung ($Re=0,01$)

Fig. 2a: Pressure distribution ($Re = 0.01$)

from the inlet area over the entire width of the slit nozzle. The numerical calculation results obtained for the pressure distribution, the velocity distribution and the equal distribution of the cross-sectional profile over the entire width of the nozzle are shown in Fig. 2.

Verification experiments based on calculations showed that very good results with Reynolds numbers of 10^{-2} and 10^{+2} were attained, as can be seen in Fig. 3. for $Re=100$. Flows with Re numbers between 10^{-2} and 10^{+2} show similarly good equidistribution.

To ensure that the numerical results documented above are reliable and repeatable, additional numerical calculations and corresponding experimental investigations of film flows that were

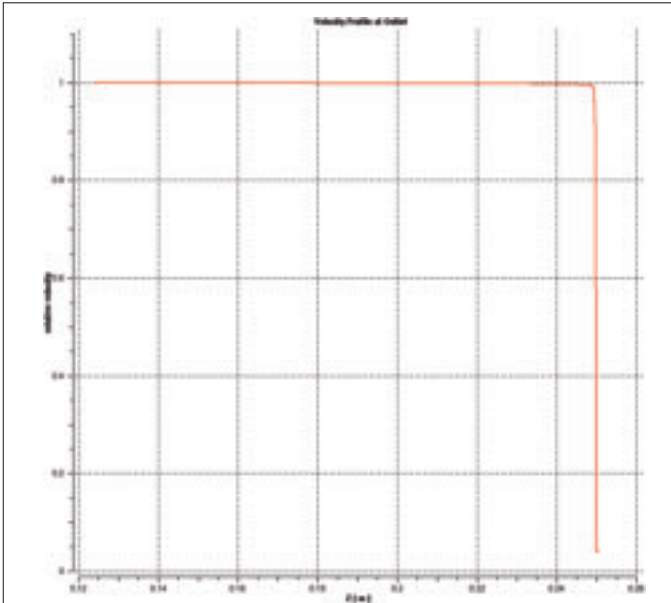


Abb. 2c: Geschwindigkeitsverteilung (Re=0,01)

Fig. 2c: Velocity distribution (Re = 0.01)

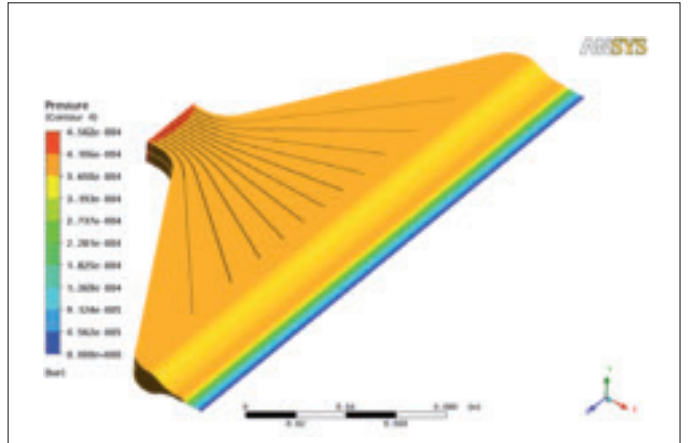


Abb. 3a: Druckverteilung (Re=100)

Fig. 3a: Pressure distribution (Re = 100)

generated by nozzles were carried out at the same time as development. Figure 4 shows (a) the numerical calculations of the flow (lines) and (b) the experimental data that were obtained using laser Doppler anemometry measurements. The experi-

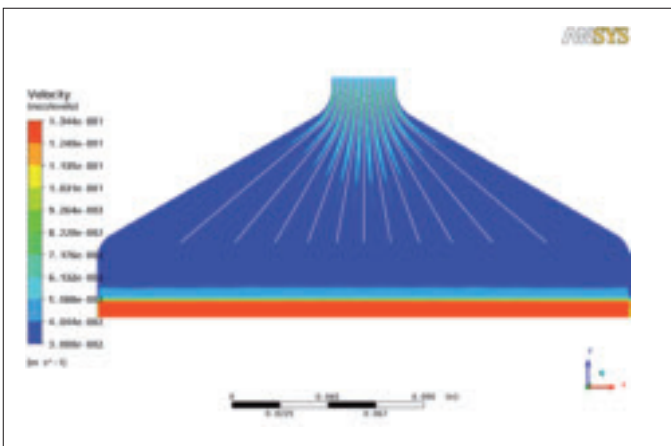


Abb. 3b: Geschwindigkeitsverteilung (Re=100)

Fig. 3b: Velocity distribution (Re = 100)

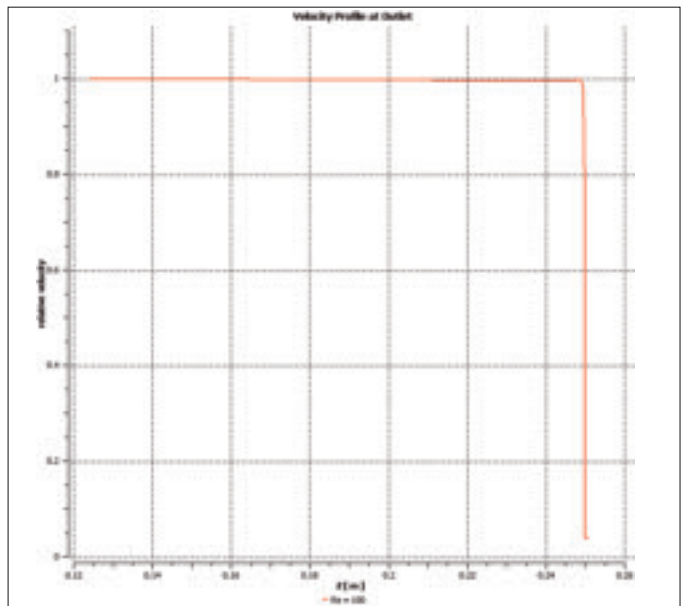


Abb. 3c: Geschwindigkeitsverteilung (Re=100)

Fig. 3c: Velocity distribution (Re = 100)

erreichen müssen. Sehr gute Querverteilungen für die zu erreichenden Filmdicken können durch Führung der Strömung vom Einlass bis in den Bereich des Auslaufschlitzes erreicht werden. Nach diversen, auf integralen strömungsmechanischen Betrachtungen aufbauenden Auslegerechnungen, konnte seitens der FMP Technology GmbH eine geeignete Grundgeometrie für ein bestimmtes Verteilersystem errechnet und für erste numerische Untersuchungen und weiterführende numerische Optimierungen bereitgestellt werden. Aus diesen Entwicklungsarbeiten resultierte ein Verteilersystem, das in Abb. 1a und 1b gezeigt ist. Es besteht aus einem fächerförmigen Einsatz, der das aus dem Einlassbereich kommende Fluid gleichmäßig über die gesamte Breite einer Schlitzdüse verteilt. Die numerisch erhaltenen Berechnungsergebnisse für die Druckverteilung, die Geschwindigkeitsverteilung und für die Gleichverteilung des Querschnittsprofils werden über die gesamte

mental agreement of calculated and measured results shows impressively that flows within and outside of coating tools can currently be reliably investigated or calculated.

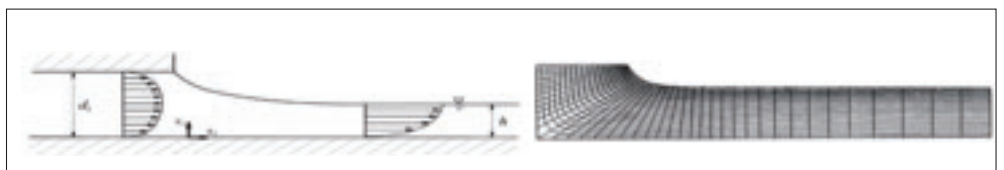


Abb.4a: Numerische Berechnungen von Filmströmungen, erzeugt aus einer Düsenströmung

Fig.4a: Numerical calculations of film flows generated from a nozzle.

IMPLEMENTATION OF NOZZLES. FMP Technology GmbH nozzles that have been designed, built and implemented using the distribution concept described above have a modular construction

Düsenbreite in den Abbildungen 2a, 2b und 2c angegeben. Durch auf Berechnungen basierende Verifikationsexperimente konnte der Nachweis erbracht werden, dass sehr gute Ergebnisse Reynoldszahlen von 10^{-2} und 10^{+2} erreicht werden können. Dies machen die Darstellungen von Ergebnissen in den Abbildungen, siehe Abb. 3a, 3b und 3c deutlich, die für $Re=100$ resultierten. Die Strömungen mit Re -Zahlen zwischen 10^{-2} und 10^{+2} zeigen ähnlich gute Gleichverteilungen. Um sicher zu gehen, dass die zuvor dokumentierten numerischen Ergebnisse verlässlich und belastbar sind, wurden parallel zu den Entwicklungen weitere numerische Berechnungen und korrespondierende, experimentelle Untersuchungen von Filmströmungen durchgeführt, die aus einer Düsenströmung erzeugt wurden, siehe Abb. 4a und Abb. 4b. Die Darstellungen zeigen einerseits numerische Berechnungen der Strömung (Linien) und andererseits experimentelle Daten, die mittels Laser-Doppler-Anemometrie-Messungen ermittelt wurden. Die experimentelle Übereinstimmung von Meß- und Berechnungsergebnissen zeigt eindrücklich, dass Strömungen innerhalb und außerhalb von Beschichtungswerkzeugen in der heutigen Zeit verlässlich experimentell oder numerisch untersucht werden können.

3. REALISIERUNG VON DÜSEN. Die mit dem obigen Verteilerkonzept konstruierten, gebauten und eingesetzten Düsen der FMP Technology GmbH sind modular in den Standardbreiten von 250 mm, 500 mm, 750 mm bis derzeit 2.250 mm aufgebaut. Aufgrund der generellen Funktionsweise können die neuartigen viskositäts- und massenstromunabhängigen Beschichtungsdüsen ohne zusätzlichen Engineering-Aufwand gefertigt und «off the shelf» mit einer Minimierung von Lieferzeiten vertrieben werden.

Kundenspezifische, Nicht-Standard-Beschichtungsdüsen werden gleichfalls angeboten, die dann beispielsweise hinsichtlich der Beschichtungsbreite, der Beschichtungsgenauigkeit, des erforderlichen Fluidvolumens innerhalb der Düse oder hinsichtlich erhöhter Temperatur-Anforderungen (wie beispielsweise bei der Verzinkung von Stahlblechen oder im Bereich der Hot-meltbeschichtung) optimiert wurden. Für diese Optimierungen kommen wieder numerische Berechnungsmethoden und praktische Verifikationsexperimente zum Einsatz.

Um den Nachweis zu erbringen, dass die berechneten Düsenge-

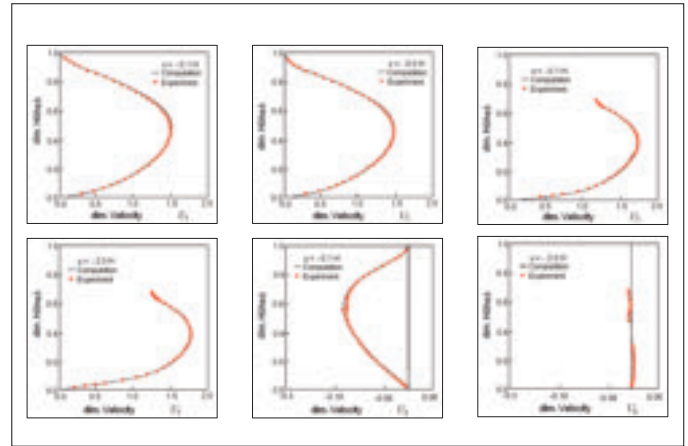


Abb. 4b: Vergleich von numerischen Berechnungen und experimentellen Untersuchungen

Fig. 4b: Comparison of numerical calculations and experimental investigations.

in the standard widths of 250, 500, 750 and up to (currently) 2250 mm (Fig. 5). Due to the general functioning principle, the novel viscosity- and mass flow-independent coating nozzles can be produced without any additional engineering effort and operated «off the shelf», thus minimising delivery times.

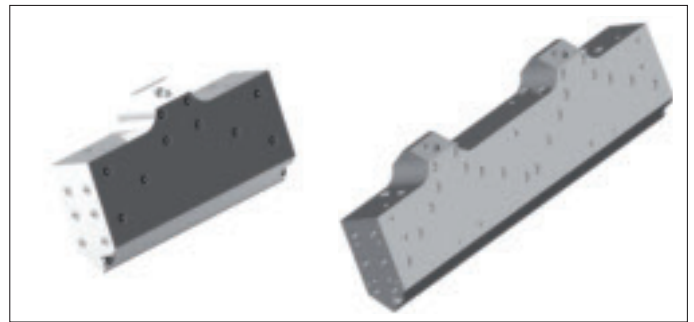


Abb. 5: Neuartige Beschichtungsdüsen in den Breiten 250 mm und 500 mm

Fig. 5: New types of coating nozzles with widths of 250 and 500 mm

Customised non-standard coating nozzles are also available. These can be optimised in terms of, for example, the coating width, the coating precision, the required fluid volume within the nozzle or increased temperature demands (such as in the galvanisation of steel plates or in the area of hot-melt coating). Additional numerical calculation methods and practical verification experiments are used for these optimisations.

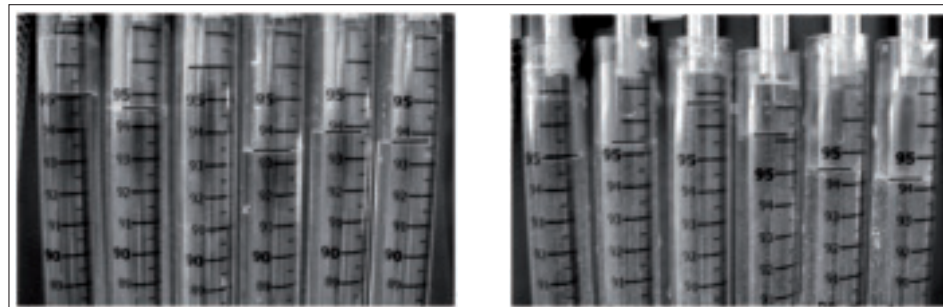


Abb. 6a: Messungen der Querverteilungsgenauigkeit einer FMP-Schlitzdüse und resultierende Querverteilungsgenauigkeit für unterschiedliche Viskositäten

Fig. 6a: Measurements of the lateral distribution precision of an FMP slit nozzle and the resulting lateral distribution precision for various viscosities

In order to demonstrate that the calculated nozzle precisions are attained even when production-induced manufacturing tolerances are taken into account, FMP Technology GmbH carried out practical equidistribution measurements. A measuring system (Fig. 6a) was used for this purpose, supplying equidistribution results that are also shown in Fig. 6a and 6b.

nauigkeiten auch bei Berücksichtigung der herstellungsbedingten Fertigungstoleranzen erreicht werden, wurden seitens der FMP Technology GmbH praktische Gleichverteilungsmessungen durchgeführt. Dafür kam ein Meßsystem zur Anwendung, das in Abb. 6a photographisch gezeigt ist und das Gleichverteilungsergebnisse lieferte, die gleichfalls in Abb. 6a und 6b gezeigt sind.

Die Demonstration einer Düse an dem Rollenversuchsstand der Firma FMP Technology GmbH ist untenstehend aufgezeigt. Über die gesamten Bereiche errechneter Beschichtungsfenster konnten Schichten mit herausragender Qualität erzeugt werden.

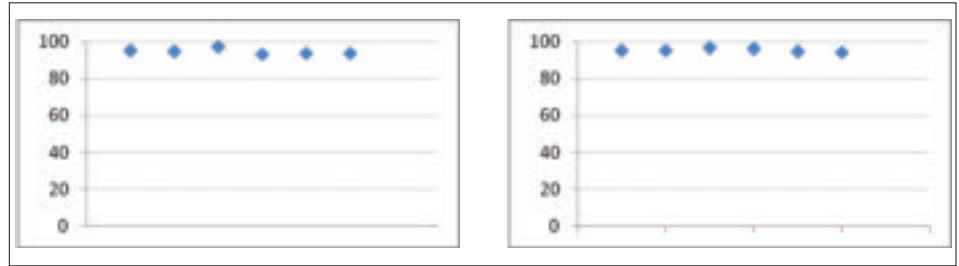


Abb. 7: 250 mm FMP-Düse am Rollenversuchsstand der Firma FMP Technology GmbH

Fig. 7: 250 mm FMP nozzle on the FMP Technology GmbH mobile test bench

Es lässt sich feststellen, dass der Firma FMP Technology GmbH eine Entwicklung gelungen ist, welche ein lange anstehendes Problem beseitigt, nämlich die Abhängigkeit der Querverteilungsgenauigkeit bei Schlitz- und Gleitfilmdüsen vom Beschichtungsmassenstrom und der Viskosität des Beschichtungsfluids.

FMP Technology GMBH
Am Wechselgarten 34
D-91058 Erlangen, Germany



- Gleichverteilung = $\pm 1.85\%$
- Mittel: 94.62
- Viskosität: 1 mPas
- Equidistribution = $\pm 1.85\%$
- Mean: 94.62
- Viscosity: 1 mPas

- Gleichverteilung = $\pm 1.24\%$
- Mittel: 95.37
- Viskosität: 500 mPas
- Equidistribution = $\pm 1.24\%$
- Mean: 95.37
- Viscosity: 500 mPas

Abb. 6b: Erhaltenen Querverteilungsgenauigkeiten für unterschiedliche Viskositäten (1 mPas bzw. 500 mPas)

Fig. 6b: Resulting lateral distribution precisions for viscosities of (1 mPas and 500 mPas)

The demonstration of a nozzle on the FMP Technology GmbH mobile test bench is shown in Fig. 7. It was possible to use calculated coating windows to create layers of excellent quality.

This confirms that FMP Technology GmbH has been successful in creating a development that eliminates a long-standing problem, namely the dependence of the lateral distribution precision in slit and lubricating film nozzles on the coating mass flow and the viscosity of the coating fluid.

FMP Technology GMBH
Am Wechselgarten 34
D-91058 Erlangen, Germany