

# Kunststoff-Oberflächen präzise und kostengünstig bedrucken

Max Dominik, Eschwege

In vielen Fällen muss die Oberfläche eines Kunststoffprodukts durch Lackieren, Prägen, Polieren oder Bedrucken nach dessen Herstellung veredelt oder zur Kennzeichnung beschriftet werden, um es verkaufs- oder anwendungsfähig zu machen. Obwohl derzeit kaum überraschende Innovationen bei diesen Technologien zu erwarten sind, werden immer wieder Neuerungen zur Verbesserung, Rationalisierung und Automatisierung der Verfahren und Anlagen entwickelt.



Bild 1. Vakuum-Reaktor zur Offline-Gasphasenfluorierung (Foto: Fluor Technik System GmbH)

Bei vielen, vor allem unpolaren Kunststoffen ist es notwendig, vor dem Bedrucken oder Lackieren die zu veredelnde Oberfläche einer Vorbehandlung zu unterziehen, um eine ausreichende Haftung des Druckfarben- oder Lackbinders zu gewährleisten. Mehrere Verfahren auf physikalischer oder chemischer Grundlage stehen hierfür zur Verfügung, mit denen die Haftungsverbesserung durch Oxidation oder Radikalbildung erreicht wird. Zu den bereits klassischen Methoden der Corona-, Plasma-, Flammen- und Säurevorbehand-

lung kam in den letzten Jahren die Gasphasenfluorierung, d.h. die Vorbehandlung mit elementarem gasförmigem Fluor in einer Stickstoffatmosphäre hinzu. Mit diesem Verfahren können die Oberflächen von Formteilen, aber auch von Warenbahnen aktiviert werden. Ohne das Basismaterial zu beeinflussen, wird eine sehr polare Oberfläche erzielt, mit der die Verwendung von Haftvermittlern oder Primern überflüssig wird. Die Geometrie des Bauteils und Unregelmäßigkeiten der Oberfläche spielen bei der Fluorierung keine Rolle. Raue, genoppte oder glatte Oberflächen werden



Bild 2. Gasphasenfluorierung im Inline-Verfahren (Foto: Fluor Technik System GmbH)

ebenso gleichmäßig wie Hinterschnitten, Überlappungen und Vertiefungen auch bei Hohlkörpern und Profilen erfasst.

### Vorbehandlung verbessert die Haftung

Beim Offline-Verfahren werden die Formteile separat in einem Vakuumreaktor (Bild 1) behandelt. Große Teile werden in Reaktoren mit bis zu mehreren Kubikmetern Inhalt, Kleinteile als Schüttgut in einer rotierenden Innentrommel des Reaktors fluoriert. Mit dem Inline-Verfahren können beliebig gestaltete, endlos extrudierte Profile sowie Kunststofffolien und andere Warenbahnen im Produktionsprozess selbst fluoriert werden (Bild 2). Die Vorteile des Verfahrens sind nach Angaben der Fluor Technik System GmbH, Lauterbach, reproduzierbare Oberflächenspannungen, Stabilität des Effekts über mehrere Mo-

nate, sehr gute Haftung, deutliche Kostenvorteile sowie keine thermische Belastung oder andere Schädigung des Basismaterials.

### Bedrucken von Warenbahnen

Welche Technologie für das Bedrucken bzw. Lackieren von Warenbahnen angewendet wird, entscheidet in der Regel die Art des zu behandelnden Materials. Tiefdruck ist die klassische und auch heute noch fast ausschließlich angewendete Verfahrenstechnik für das Bedrucken und Lackieren beschichteter Textilien und dicker Folien, d.h. Materialbahnen mit relativ großen Dickentoleranzen. Wegen ihrer Vielseitigkeit werden Tiefdruckmaschinen aber auch für den Druck eines breiten Marktsegments von Verpackungsmaterialien eingesetzt. Dagegen wird z.B. bei dünnen Verpackungsfolien normalerweise der Flexodruck angewendet. Der Einsatz von Ro-

tationssiebschablonen ist hauptsächlich bei Fußbodenbelägen, Planenstoffen und Tapeten zu finden.

### Tiefdruck

Der Tiefdruck ist bisher in Vielseitigkeit und Präzision von keinem anderen Verfahren übertroffen worden und deshalb auch für das Bedrucken von Verpackungsmaterialien sehr wichtig. Von Windmüller & Hölscher, Lengerich, ist diese Technik für den Verpackungsdruck nie vernachlässigt worden. Mit dem Heliostar 2000 (Bild 3) steht hierfür ein modular aufgebautes, kostengünstiges System mit einem bedienungs-freundlichen Konzept zur Verfügung. Ohne Einsatz von Adaptern können verschieden breite Druckzylinder durch



Bild 4. Tiefdruckrotation mit Direktantrieb und Schnellwechseltechnik Ecoplus (Foto: Windmüller & Hölscher)



Bild 3. Die modulare Tiefdruckrotation Heliostar 2000 (Foto: Windmüller & Hölscher)

verschiebbare Lagerstellen verwendet werden. Wartungsarme Maschinenkomponenten verlängern die produktiven Maschinenlaufzeiten. Die schnelle Umrüstung der Maschine ohne jegliches Werkzeug verkürzt die Stillstandszeiten und vereinfacht die Bedienung, die durch ein computergesteuertes Automatisierungskonzept unterstützt wird. Eine neu konzipierte Einschubtechnik für die vorbereiteten Druckwerkswagen reduziert die Umrüstzeit eines Druckwerks durchschnittlich auf 5 bis 6 Minuten.





Bild 5. Sleeve-Trägerzylinderwechsel an der Flexpress 16 S (Foto: Fischer & Krecke)

Durch ein vereinfachtes Handling ist die Einstellung der Presseure und der Wechsel der Sleeves sekundenschnell und ohne Trennung der Materialbahn möglich. Stufenlos verstellbare Oszillierung und feinfühlig geregelter, konstanter Anpressdruck der Rakel, die bei Bedarf werkzeuglos in wenigen Sekunden gewechselt werden kann, ein kompaktes Farbauftragungssystem mit Umlaufsystem, Viskositätsregler und Auftragsdüse für spritzfreies Einfärben der Druckzylinder sowie ein modulares, individuelles und energiesparendes Trocknungssystem sichern einen gleichmäßigen Ausdruck.

Bereits seit einiger Zeit haben sich Einzelantriebe an Flexodruckmaschinen bewährt. Nun wurde diese Antriebstechnik zusammen mit der automatischen Zylinderwechsellvorrichtung und dem Zylinderspülssystem auch bei der HelioStar 2000 mit der Schnellwechseltechnik Ecoplus (Bild 4) realisiert und die neuen Module anlässlich der Drupa 2000 vorgestellt. Alle Druckwerke werden mit eigenen wartungsarmen, über eine elektronische Welle synchronisierte Drehstrommotoren angetrieben. Dieses Antriebskonzept ermöglicht eine schnelle Registerkorrektur und Vorregisterregelung, ungehinderten Durchgang mit Zylindertransport- oder Einschubwagen und die Vorbereitung nicht benutzer-

Druckwerke während der Fertigung. Insbesondere bei kurzen Druckaufträgen führen die neuen Module von Ecoplus zu einer nachhaltigen Verbesserung der Wirtschaftlichkeit.

Bei der Projektierung und Lieferung kompletter Fabrikanlagen zur Herstellung von Kunstleder und anderen beschichteten Textilien muss auch das Bedrucken der Bahnware berücksichtigt werden. Die Coatema Engineering GmbH, Neuss, setzt hierfür raumsparende und leicht zu bedienende Tiedruckanlagen mit zwei bis acht Druckwerken ein. Neben der kompakten Bauweise wurde auch ein einfacher Walzenaustausch berücksichtigt. Jedes Druckwerk bildet eine eigene Einheit. Die Farbtragswalzen sind separat und stufenlos einstellbar. Der Rapport wird computer-gesteuert eingestellt und kontrolliert. Der Trockenkanal ist mit einem Stahlträgerband ausgestattet, um einen spannungsarmen Lauf des Druckguts zu gewährleisten. Regulierbare Zwischentrocknungen lassen sich präzise vorwählen und ermöglichen so auch die Verwendung wässriger Druckfarben. Beson-

Technik mit weiter entwickelten Versionen auch in Flexodruckmaschinen. Mit der Flexpress 16 S wurde letztes Jahr die neueste Entwicklung vorgestellt, die durchgängig mit digital gesteuerten Servomotoren sowohl für den Hauptantrieb des Gegendruckzylinders als auch für jeden einzelnen Druckzylinder und jede Rasterwalze ausgestattet ist. Dadurch sind keine Formaträder mehr erforderlich, so dass die Rapportlängen stufenlos geregelt werden können. Zu den weiteren Besonderheiten dieser Konzeption gehören robust aufgebaute Druckwerke mit großzügig dimensionierter beidseitiger Lagerung, die auch bei Druckgeschwindigkeiten von bis zu 500 m/min für einen ruhigen Lauf sorgen und dauerhaft einen präzisen Druck garantieren. Optional übernimmt das Auto-Clean-System vollautomatisch beim Farbwechsel das Reinigen der farbführenden Teile. Zur weiteren Verkürzung der Umrüstzeiten trägt auch das Sleeve-Zylindersystem bei, das den Sleeve-Trägerzylinderwechsel ohne Werkzeugeinsatz von nur einer Person innerhalb der Maschine ermöglicht. Dazu werden die Lager von Hand entrie-

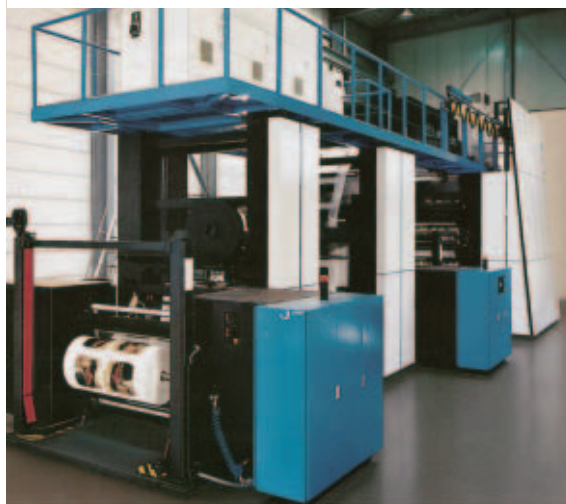


Bild 6. Funktionsschema des Umluftverfahrens für Flexodruckmaschinen (Zeichnung: Lemo)

ders erwähnenswert sind auch die verschiedenen Laboranlagen von Coatema, in die auch Tiefdruck- und Rotations-siebdruckstationen integriert sind.

### Flexodruck

Nach wie vor ist für das Bedrucken dünner Warenbahnen der Flexodruck das am häufigsten angewendete Verfahren. Nach ersten positiven Erfahrungen mit Servoantrieben bei Beutelmaschinen folgte Ende der 90er Jahre bei Fischer & Krecke, Bielefeld, die Verwendung dieser

gelt, die Lagerböcke herausgezogen und zur Seite geklappt, so dass sich die Sleeve-Trägerzylinder druckluftunterstützt leicht herausziehen und wechseln lassen (Bild 5). Höchste Maßhaltigkeit auch bei sich ändernden Umwelteinflüssen garantiert das geschlossene Temperiersystem Constantemp, das für gleichbleibende Temperatur des Zentralzylinders und der Seitenteile des Druckständers sorgt. Exakte Bahnspannung vom Ab- bis zum Aufwickler garantieren vollautomatisch arbeitende, servo-angetriebene Drehsternwickler.



Bild 7. Zentralzylinder-Flexodruckmaschine Astraflex 10 mit zehn vollautomatischen Farbwerken (Foto: Windmüller & Hölscher)

In einer dem Tiefdruck vergleichbaren Qualität druckt die Meisterflex von Lemo Maschinenbau GmbH, Niederkassel-Mondorf, mehrfarbige Motive mit Farbnuancen ebenso brillant wie Halbtöne, Vollflächen, Schriften oder Codierungen. Eine spezielle Ausführung für kleine bis mittelgroße Aufträge ist die Profiflex und eine wirtschaftliche Problemlösung für den nachträglichen Aufdruck von Materialinformationen, Warnvermerken oder anderen Hinweisen die Varioflex, mit der Rapportlängenänderungen ohne Wechsel des Formatzylinders möglich sind. Die mit bis zu 6 Einzelfarbwerken ausrüstbare Multiflex bietet sich besonders dann

an, wenn deutlich erhöhte Anforderungen an die Druckqualität und die Flexibilität bei Schön- und Wiederdruck gestellt werden, der Aufwand einer teuren Zentralzylinder-Druckmaschine aber nicht angemessen ist. Die Multiflex 100 wird zentral mit Kraftübertragung durch Transmissionswellen und Wendegetrieben angetrieben, die Multiflex 115 dagegen besitzt Servo-Einzelantriebe für die Farbwerke und Vorzüge, die zentral angesteuert werden. Beide Ausführungen können als Inline-Druckwerke oder für den Druck von Rolle zu Rolle eingesetzt werden. Die Vorteile des Servoantriebs sind in der höheren Druckgeschwindigkeit, der 360°-Registerverstellung über die zentrale Ansteuerung aller Farbwerke und deutlich engeren Passertoleranzen zu sehen. Außerdem ist die Farbwerkszustellung bei laufender Maschine, das Vorrüsten einzelner Farbwerke im Druckbetrieb und eine feinfühligere Bahnspannungsregulierung nur mit Einzelantrieben möglich. Bei der Ausführung der Trocknung wurde besonderen Wert auf Wirtschaftlichkeit gelegt. Optional wird eine Abluft-Entsorgung angeboten. Das selektive Umluftverfahren (Bild 6) spart Energie durch reduzierten Frischluftbedarf. Das elektronisch gesteuerte System überwacht automatisch die Aufkonzentration der Lösungsmitteldämpfe in der Abluft. Sie können äußerst wirtschaftlich thermisch oder katalytisch nachverbrannt werden.



Bild 8. Rundschaablonen-Druckmaschine Magnoroll mit vertikalem Zwischentrockner (Foto: J. Zimmer)

Für unterschiedlichste Aufgaben bietet Windmüller & Hölscher eine ganze Reihe von Flexodruckmaschinen an, angefangen von den Versionen Astraflex und Soloflex, der Universalkonzeption Novoflex bis zur kostengünstigen Ausführung Primaflex. Was bisher nur im Tiefdruck möglich war, nämlich die stufenlose Regelung der Drucklänge durch Einzelantriebe der Druckzylinder und Rasterwalzen, wurde 1998 weltweit zum ersten Mal mit einer Novoflex realisiert. Im Verpackungsdruck wird der Trend zur Verwendung von mehr Farben immer deutlicher. Schmuck- und Sonderfarben, Lackierungen, aber auch die Trennung von Raster- und Strichmotiven erfordern Maschinen mit bis zu zehn Farbwerken. Mit der Astraflex 10 (Bild 7) stellte W & H erstmals eine Einzylindermaschine mit zehn vollautomatischen Flexorex CC-Farbwerken am Zentralzylinder vor, die darüber hinaus mit dem für die gesamte Baureihe optional verfügbaren Ecoplus-Paket ausgestattet werden kann. Darin beinhaltet ist ein Roboter-Walzenwechselsystem, vollautomatische, registergenaue Einzahnung der Farbwerke, ein

vollautomatisches Farbversorgungs- und Reinigungssystem und die Möglichkeit zum Rüsten freier Farbwerke während der Produktion, die sich natürlich bei zehn Farbwerken besonders positiv auswirkt. Auch in der Baureihe Novoflex steht eine Ausführung mit zehn Farbwerken zur Verfügung, die auch mit dem Farbversorgungs- und Reinigungssystem TurboClean lieferbar ist.

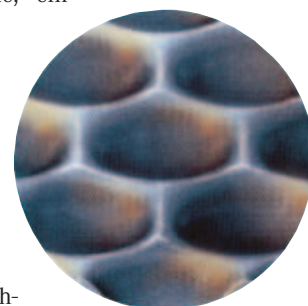


Bild 9. Hexagonalstruktur der RotaMesh-Siebschablone (Foto: Stork)

### Rotationssiebdruck

Für das Bedrucken von Kunststoffoberflächen wird die Rundschaablonen-Siebdrucktechnik, wie schon eingangs erwähnt, hauptsächlich im Bereich von Tapeten und Fußbodenbelägen, fallweise aber auch für Kunstleder angewendet. Systembedingt wird mit einem Rundsieb mehr Farbpaste aufgetragen als vergleichsweise mit dem Tief- oder Flexo-



druck. Gerade dadurch können aber spezielle Effekte erzielt werden, z.B. satte Deckung, reliefartige Drucke, oder vollflächige Beschichtung, die mit anderen Systemen nicht möglich sind. Durch die größeren Auftragsmengen sind aber auch größer dimensionierte Zwischen-

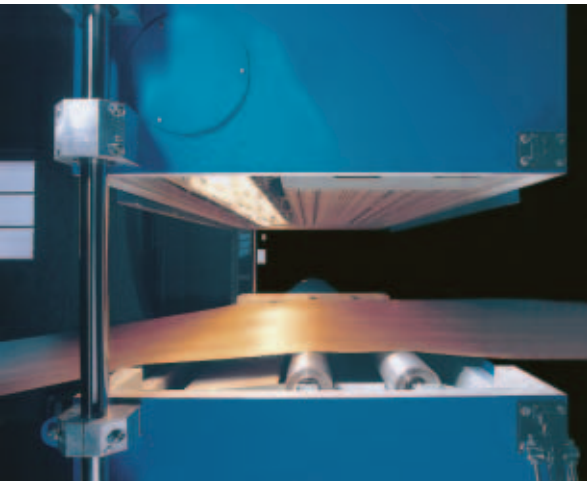


Bild 11. Kombiniertes Konvektions- und Strahlungstrockner für Druckanlagen (Foto: Kleinewefers).

trockner und Kühlwalzen nach jeder Druckstation erforderlich. Die MagnorollRMP-V-ZT (Bild 8) von J. Zimmer Maschinenbau GmbH, Klagenfurt, entspricht diesen Voraussetzungen.

Natürlich ist die Kombination dieser Technik mit anderen Druckverfahren Stand der Technik. Das RSI Rotary Screen Integration Programm von Stork Screens B.V., Boxmeer/Niederlande, ist eine typische Anwendung dieser Art, um Spezialeffekte und besondere Funktionen zu erzielen. Es ist eine schnelle, zuverlässige und ökonomische Methode zur Produktion des „non-label look“, zur Anfertigung opaken Flächendrucks, verformbarer Warnsymbole, Rubbellflächen und von Aufdrucken mit metallischen Druckfarben (Iridin, OVI) oder Speziallacken. Das RSI-Modul ist eine High-Speed-Einheit mit Arbeitsbreiten von 65 bis 120 cm, Produktionsgeschwindigkeiten bis zu 120 m/min und intelligenter Steuerung zur problemlosen synchronen Integration in eine Druckanlage. Die Siebschablone RotaMesh wird in einem elektrolytischen Prozess hergestellt und besteht zu 100% aus Nickel. Ihre einzigartige hexagonale Struktur (Bild 9) ist der Grund für die außerordentliche Stabilität und die Standzeit über etwa 500 000 Produktionsmeter. Um weitere Kosten zu sparen, wird von Stork auch ein komplet-

tes System zur Herstellung der fertigen Druckschablone angeboten. Es besteht aus dem Einkleben des Rundsiebs in die Endringe, der Entfettung, dem Beschichten, Trocknen, Belichten und Entwickeln. Dieser Ablauf kann mit einer Schablone bis zu 25-mal wiederholt werden.

Innovativer Siebdruck wird mit der Zylinder-Siebdruckmaschine der A&M Kinzel Maschinenbau GmbH, Bielefeld, zur Herstellung flexibler Schaltungen praktiziert (Bild 10). Es können Materialdicken zwischen 19 und 500 µm verarbeitet werden, die für Produkte der Telekommunikation, Datentechnik und Automobilindustrie geeignet sind. Die modulare Bauweise des Kinzel-Rollensiebdrucks schafft darüber hinaus für jeden Anwender die passende Linienkonfiguration, um auch Etiketten, Transfers, T-Shirts, Kappen, Schuhe, Taschen, Bleche, Schilder oder Autoteile bedrucken zu können. Die Ausstattung jeder Linie wird individuell konzipiert, um sie inline oder als separate Einheit mit den passenden Weiterverarbeitungsmaschinen (Laminieren, Stanzen, Prägen oder Schneiden) kombinieren zu können.

### Trocknen gehört dazu

Eine wichtige Einheit für Druckmaschinen beschichteter Textilien ist der Trockenkanal. Die Brückner Trockentechnik GmbH & Co. KG, Leonberg, bietet hierfür mehrere Konstruktionen, die auf den jeweiligen Anwendungsfall besonders zugeschnitten sind. Hierüber wurde schon früher ausführlich berichtet [1]. Von Kleinewefers Kunststoffanlagen, Krefeld, wurde besonders für Druck- und Lackieranlagen ein neuer Trockner entwickelt (Bild 11), bei dem zusätzlich zur konventionellen Konvektionstrocknung Strahler verwendet werden, die im kurzwelligen Infrarotbereich arbeiten und deshalb den Anforderungen an den Explosionsschutz genügen. Lösungsmittelkonzentrationen

von 50% der UEG sind dadurch möglich. Das Konzept der kombinierten Trocknung ergibt Leistungssteigerungen bis zu 100% selbst bei alten Anlagen, die problemlos wegen des geringen Platzbedarfs und der lageunabhängigen Einbaumöglichkeit des Trocknungsmoduls jederzeit nachgerüstet werden können.

### Bedrucken von Kunststoffteilen

Zum Bedrucken von Kunststoffteilen stehen ebenfalls verschiedene Druckverfahren zur Verfügung. Die gängigste Form der Farbübertragung ist der Trockenoffset-Druck mit dem Tampondruck als die am häufigsten angewendete Variante. Als ein weiteres, ausgereiftes und bewährtes Verfahren steht auch der Siebdruck zur Verfügung. Außerdem sind noch einige spezielle Techniken erwähnenswert.

### Tampondruck

Wer das gesamte Gebiet des Tampondrucks bedienen will, muss über eine Reihe verschiedener Konstruktionen verfügen, die von einfachen und kostengünstigen handbedienten Geräten über Einbauaggregate bis zu vollautomatisierten Großgeräten für den Mehrfarbendruck reichen. Die ITW Morlock GmbH, Baiersbrunn, gehört zu den Herstellern eines solchen Komplettsystems, in dem neben den Druckmaschinen auch das gesamte Zubehör und die Klischeefertigung enthalten sind.

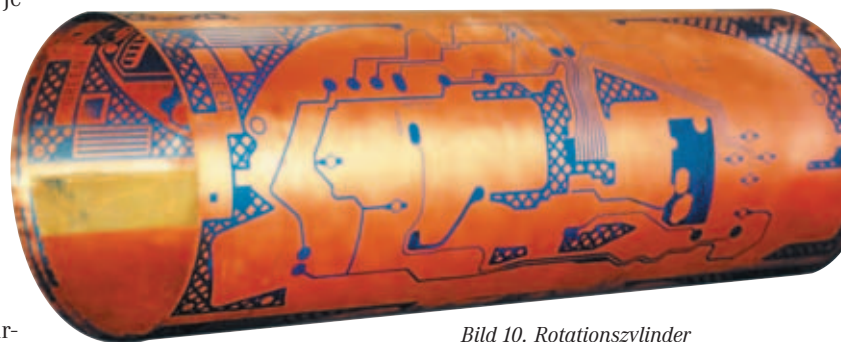


Bild 10. Rotationszylinder für den Druck von Leiterplatten (Foto: A&M Kinzel)

Bei der MSC-Baureihe handelt es sich z.B. um solide, rein mechanische, über Kurven gesteuerte Tischmaschinen, die mit dem schon seit Jahren bewährten geschlossenen Farbgebersystem GF ausgestattet sind. Die Modelle MTM 100 und 100 GF sind kostengünstige Tisch-

maschinen mit offenem bzw. geschlossenem Farbgebersystem und mikroprozessorgesteuerten pneumatischen Antrieben. Der Vorteil der besonders kompakt gebauten MD-Serie liegt in der Variationsbreite der Einsatzmöglichkeiten und der Eignung für problemlose Integration in jede vorgegebene Automati-

angesteuert wird. Das Werkstück wird nur einmal mittels eines Kreuztisches fixiert und bleibt während des gesamten Druckvorgangs in dieser Position.

Eine vielfältige Palette an Tampondruckmaschinen wird auch von der Tampoprint GmbH, Stuttgart, angeboten. Alle Baureihen sind mit einem patentierten geschlossenen Farb-/Rakelsystem und wahlweise mit der bewährten Restfarbenabholung (Tamponreinigung) ausgestattet. Die Maschinen der hermetic-Baureihe sind als Tisch-, Ständer- und Einbaumodelle universell einsetzbar, während die verschiedenen Ausführungen aus der Serie rapid2000 sich besonders für den Einbau in Mehrfarbenanlagen eignen und mit verschiedenen Antriebsmöglichkeiten geliefert werden können. Zu einem besonders günstigen Preis werden die Tischmaschinen der Ausführung Sealed-Ink-Cup mit Pneumatiktrieb und pneumatischer Folgesteuerung angeboten. In Bild 13 ist ein Halbautomat mit zwei Sealed-Ink-Cup-60-Druckköpfen an einem pneumatischen Schiebetisch für das zweifarbige Bedrucken von Ohrschützern zu sehen. Viele halbautomatische Mehrfarben-Druckanlagen werden heute bereits mit UV-Trocknern zur Verarbeitung von UV-härtenden Farben angeboten. Ein geeigneter Druckkopf hierfür kann z.B. die Ständermaschine Vario 90/130 sein oder die verschiedenen Ausführungen der TSG-Baureihe.

„Druck von allen Seiten“ gibt es mit der Modellreihe EncoderDV mit pneumatischem Antrieb oder EP mit elektropneumatischer Steuerung. Diese Maschinen können in allen Drucklagen eingebaut werden. Die Überkopf-Versionen

erfordern allerdings eine zusätzliche Druckregleinheit für die Steuerung des Druckkolbens im Farb-/Rakeltopf, um einen störungsfreien Farbauftrag auf das Klischee zu gewährleisten.

Für lange, schmale Druckbilder wurde die TSQ60 entwickelt. Damit wurde die Begrenzung des Rakeltopfdurchmessers überwunden, ohne auf die Vorteile des geschlossenen Farbgebersystems verzichten zu müssen. Ein 60er Rakeltopf mit einem pneumatisch angetriebenen Rakelschlitten bewegt sich dazu über das Klischee. Befindet sich der Rakeltopf links oder rechts des Klischees in einer Endposition, nimmt der Tampon die Druckfarbe auf. Bei langsamer Taktzahl oder einer Fertigungsunterbrechung wird das Eintrocknen der Farbe durch eine Klischeeabdeckung verhindert. Die Tamponanordnung besteht aus einer Montage verschiedener Einzeltampons, wie dies bei langen Druckbildern üblich ist.

Im Folgenden sollen nun einige Beispiele aufzeigen, wie vielfältig die Möglichkeiten sind, Aggregate aus den verschiedenen Baureihen zu Mehrfarbenanlagen miteinander zu kombinieren. Durch die Kopplung von zwei 2-Farben-Standardmaschinen V 60/90 DUO mit einem Pneumatikschlitten zur Verbindung beider Druckmaschinen miteinander ist eine einfach zu bedienende, flexible und kostengünstige 4-Farben-Anlage zum Bedrucken von Werbeartikeln entstanden. Der 5-Farben-Druck von Babyartikeln wurde mit fünf Druckwerken des Maschinentyps TSG 200, einer frei programmierbaren NC-Achse für die Bewegung des Werkstückträgers, einer Gasvorbehandlung mit schwenkbarem Brenner und einem Lichtvorhang an der Frontseite realisiert. Zum beidseitigen Bedrucken von Deo-Rollern und Plastikflaschen in einem Arbeitsgang war eine 6-Farben-Druckanlage gefordert. Zur Realisierung wurde ein vertikal umlau-



Bild 12. Morlock Twister Ergonomic MTE 125 für 2-Farben-Druck (Foto: ITW Morlock)

onlinie. Sie können auf Wunsch als Zweifarbenmaschinen ausgeführt werden und sind als Schwenkkopf- und Vertikalausführungen lieferbar. Für großformatige Bilder stehen die Modelle MD 125 und 125 S zur Verfügung.

Die Karussell-Druckmaschinen der MKM-Baureihe sind für mehrfarbigen Tampondruck konzipiert worden. Auch diese Geräte werden mit dem geschlossenen Farbgebersystem GF und einer automatischen Tamponreinigung geliefert. Ein völlig neues Zweifarbenmaschinenkonzept wurde mit der Morlock Twister Ergonomic MTE verwirklicht, die auch als MTE 125 (Bild 12) für Großformate zur Verfügung steht. Kernstück dieser Technik ist ein zentrales Modul, das sich in einer Pendelbewegung um jeweils 90° dreht. Dabei werden zwei Druckköpfe abwechselnd einem der beiden Farbgebersysteme bzw. dem zu bedruckenden Werkstück zugeführt, das nicht mehr bewegt werden muss, sondern passgenau durch die zwei Tampons

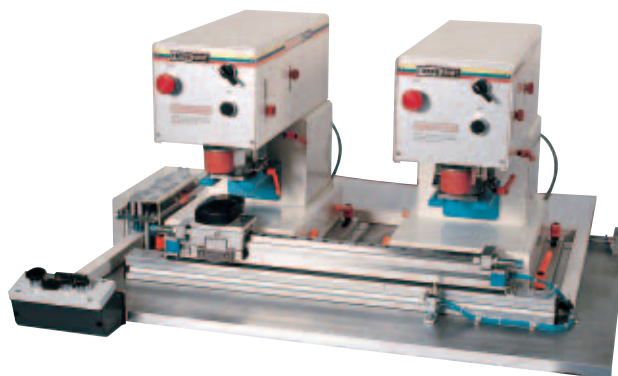


Bild 13. Halbautomat mit zwei Sealed-Ink-Cup-Druckköpfen mit Schiebetisch (Foto: Tampoprint)



fendes Taktband mit sechs Druckköpfen der hermetic 9-11, einer Flascheneingabe, Gasvorbehandlung und einer Werkstück-Drehvorrichtung bestückt. Das Drehen der Flaschen ist frei wählbar und erfolgt beim Weitertakten mechanisch mittels einer Drehkurve. Die



Bild 14. Core Ring System CRS, Aluminiumspeichenrad mit Silikondruckwalze (Foto: Tampoprint)

Trocknung beider Seiten wird durch IR-Strahlung erhalten. Die Anlage wurde zur Bedienung mit einer Omron-Steuerung und einem Touchscreen-Panel ausgestattet.

Eine völlig neuartige Anlagenkombination von Tampondruck mit Lasertechnik zur Klischeeherstellung ist die CTP 60/90. Sie besteht aus einer pneumatisch angetriebenen Tampondruckmaschine mit geschlossenem Farbsystem und einem diodengepumpten Nd:YAG-Laser mit Ansteuerung und Optik zur Herstellung von Klischees auf einem Klischeeband. Die Anordnung von Laser, Tampondruckmaschine und Zuführung des Klischeebands erlaubt, dass parallel gedruckt und gelasert werden kann, da sich Lasereinheit und Druckmaschine gegenseitig nicht blockieren. Bei Motivwechsel wird das Digi-Press-Band einfach weitergetaktet.

Eine Besonderheit der Trockenoffset-Technik ist der Rotationstampondruck. Die Druckfarbe wird bei diesem Verfahren mit Silikondruckwalzen übertragen, die auf Aluminiumspeichenräder aufgezogen sind (Bild 14). Die damit ausgestattete RTI-Contura Print ist ein Horizontal-Rotations-Halbautomat zur einfarbigen Rundumbedruckung ovaler oder unrunder Formen. Eine Neuentwicklung der Steuerung ermöglicht die Bedruckung verschiedener Konturen ohne den Austausch mechanischer Teile. Das Bedrucken erfolgt in zwei oder vier Bahnen und bringt Leistungen bis 240 000 Kappen pro Stunde. Das Titelbild zeigt

die Anordnung der Tamponwalzen in einer 4-bahnigen Anlage. Die Vorbehandlung der Verschlüsse erfolgt inline durch eine Gasbeflammung. Nach jedem Druckwerk wird mit Kaltluft zwischentrocknet, nach dem letzten Druckwerk mit Heißluft oder Gasflamme endgetrocknet und vor dem Abwerfen nochmals mit Kaltluft nachgetrocknet.

Bei der Rotoprint wurden innovative Neuentwicklungen mit seit Jahren bewährten Komponenten der Continua-Reihe zu einer neuen, leistungsfähigen Kompaktanlage kombiniert. Die RTI-Druckwerke sind an einem senkrecht stehenden Laufrad in Reihe angeordnet, das direkt durch die Motorwelle angetrieben wird. Zahnräder, die starr mit dem Laufrad verbunden sind, treiben die Druckwerke an, so dass optimale Passgenauigkeit gewährleistet ist. Je nach Ausführung erreicht man mit diesem Vollautomat Leistungen von bis zu 80 000 Verschlusskappen pro Stunde. Zum beidseitigen Bedrucken flacher Teile wurde ein Rotationsdruckwerk in vertikaler Ausführung entwickelt, das hauptsächlich auch wieder in Vollautomaten für mehrfarbigen Druck verwendet wird.

Mit einem ehrgeizigen Projekt hat die Kent Stuttgart GmbH, Stuttgart, Forderungen nach einer mannlosen, kontinuierlichen Kennzeichnung und Dekoration technischer Teile verwirklicht. Direkt aus der Spritzgießmaschine werden die Formteile von einem Entnahmeroboter

auf der Beladestation eines Rundschalttisches abgelegt, einer Corona-Vorbehandlung zugeführt und dann in einem Tampon-Druckwerk mit einer UV-härtenden Farbe bedruckt. Anschließend wird die Druckfarbe im UV-Trockner ausgehärtet. In der nächsten Station des Rundschalttisches wird mit einer Digitalkamera der Druckausfall kontrolliert. Im folgenden Takt werden schließlich noch Metallbuchsen eingepresst. Wieder an der Beladestation angekommen, werden die fertigen Teile entnommen und dem angeschlossenen Lagersystem zugeführt.

### Siebdruck

Für das vollflächige Bedrucken von Kunststoffteilen ist der Siebdruck das gängigste Verfahren. Platten, Dosen, Becher, Kästen oder Flaschen werden in der Regel nur noch in vollautomatisch arbeitenden, modular aufgebauten Anlagen behandelt, um in Zeiten steigender Herstellkosten eine hohe Produktivität mit geringstem Personaleinsatz zu gewährleisten.

Die Isimat GmbH Siebdruckmaschinen, Ellwangen, ist einer der führenden Hersteller solcher Automaten für den industriellen Siebdruck. Mit der Baureihe Isimat 1000 werden Universal-Siebdruckmaschinen angeboten, die mit einem aufeinander abgestimmten System von Antrieben, Teilaufnahmen und Steuerungen flexibel für das Bedrucken

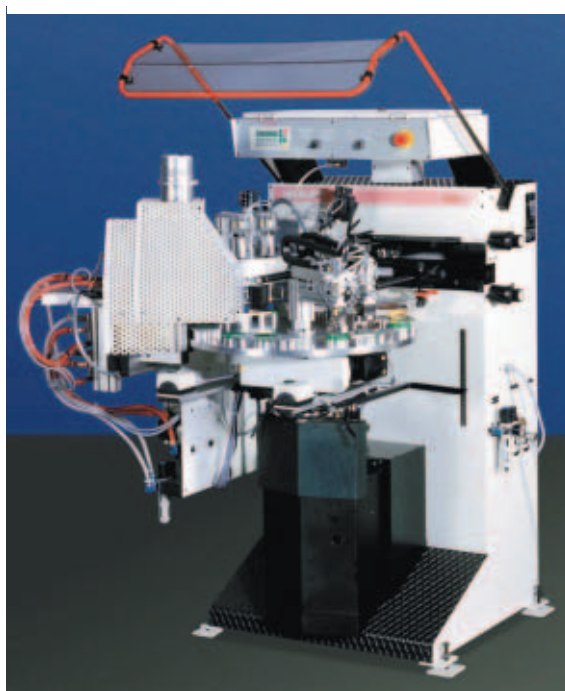


Bild 15. Siebdruckautomat 1000 PHR mit horizontalem Rundschalttisch für Dosen- deckel im Doppelnutzen (Foto: Isimat)

einer Vielzahl unterschiedlicher Produkte eingesetzt werden können. Feineinstellung von Sieb- und Rakelschlitzen, Siebhalterung und Druck- bzw. Flutrakel über Mikrometerschrauben, Schnellspannern und Passerstiften für die Siebhalterungen sowie pneumatisch betätigte Teileaufnahmen sind die Voraussetzung für kurze Rüstzeiten und einwandfreie Druckqualität besonders im Mehrfarbendruck. Die Verarbeitung thermoplastischer Farben auf Glasflaschen und Keramikteilen wird mit einer Sieb- und Rakel-

wird ein Lineartransfersystem mit 17 Laufwagen für die Aufnahme der Teile auf einer umlaufenden Führungsschiene eingesetzt. Entsprechende Vorrichtungen sorgen für eine zwangsläufige Zentrierung, Fixierung und Höhenanpassung der Werkstücke. Neben den notwendigen Stationen für Reinigung, Vorbehandlung, Siebdruck, UV-Trocknung und Entnahme besteht die Möglichkeit, in einer zusätzlichen Station eine weitere Bearbeitung, z.B. Aufbringen eines Klebebands, durchzuführen.

vorrangende Druckqualität für höchste Ansprüche und kann mit einem neunten Farbwerk nachgerüstet werden.

Das Becherdrucksystem polycup BDM301-R6/R9 für polygonale Becher mit hoher Produktionseffizienz besitzt sechs bis neun Farbwerke mit Dornantrieb für den Druck des Becherumfangs und bis zu vier Farbwerke für den Bodendruck, Becherzuführung mit Schneckenbeschickung, Corona-Vorbehandlung für Umfang und Boden, Umsteckvorrichtung und UV-Trocknung mit vier horizontal angeordneten Lampen. Für vollautomatisches Bedrucken von Deckeln mit 1-Mann-Bedienung von einer Seite aus ist die polylid DDM160 mit acht Farbwerken vorgesehen.

Einen breiten Raum im Sortiment von Polytype nehmen auch die Fabrikationsstraßen und Dekoranlagen für Tuben und Dosen ein, die auf dem gleichen Druckprinzip basieren. Neben Dekoranlagen für Kunststofftuben, Schläuche und Hülsen, Lackiermaschinen, Druckmaschinen für bis zu acht Farben, Hütchenaufschraubmaschinen, Trocknungsanlagen sowie Speicher- und Automatisierungseinrichtungen gehören auch komplette Fabrikationslinien für Tuben, Aerosoldosen und Hülsen aus Aluminium (früher Fabrikat Mall und Herlan) zum Lieferumfang. Die RDA12-80 ist eine aus praxisbewährten Elementen zusammengestellte Kompaktanlage für Vorbehandlung, Druck, UV-Polymerisation, Überlackierung, UV-Polymerisation, Aufschrauben und Festziehen der Hütchen auf einem Dorn ohne Umstecken. In Bild 17 ist das Druckwerk einer solchen Anlage abgebildet.



Bild 16. Becherdruckautomat polycup BDM611-916 (Foto: Polytype)

heizung ermöglicht. Als Multitalent aus dieser Baureihe gilt der neue Universal-Siebdruckautomat 1000P/LF für Flach-, Rund- oder Ovaldruck. Für größere Druckformate stehen die Ausführungen der 2000P-Reihe zur Verfügung.

Zum Bedrucken von Dosendeckeln im Doppelnutzen wird die mit einem horizontalen Rundtisch mit Vakuumaufnahmen für Vorbehandlung und Übergabe ausgestattete 1000PHR empfohlen (Bild 15). Zur Automatisierung gehören neben Beschickung und Entnahme auch die passende Flamm- oder Corona-Vorbehandlung, Staubreinigung mit ionisierter Druckluft sowie Heißluft-, Infrarot-, oder UV-Trockner. Mit der Baureihe FK27/47 wird eine Weiterentwicklung zum mehrseitigen Bedrucken von großformatigen runden oder rechteckigen Behältern angeboten, die in vollautomatischer Ausführung eine Stundenleistung von bis zu 700 Behältern erbringt. Für die automatische mehrfarbige Bedruckung unterschiedlicher Flachteile wurde die Siebdruckanlage 5017FP neu entwickelt. Zum Transportieren und Positionieren

Auf geringstem Platz bedruckt die Isimat 3015T vollautomatisch Tuben, Hülsen, Becher, Kappen in zylindrischer Form dreifarbig mit einer Leistung von bis zu 160 Stück/min. Auf einem mechanischen Rundschalttisch mit acht Arbeitsstationen sind drei Druckstationen, drei UV-Trockner sowie die automatische Beschickung und Entnahme untergebracht. Eine Ausführung mit vier Druckstationen ist ebenfalls im Lieferprogramm enthalten.

### Offset-Druck

Sämtliche Anlagen der Polytype SA, Freiburg, zum Bedrucken von Bechern, Tuben oder Dosen verwenden Trocken-Offset als Verfahrenstechnik. Darauf basiert auch das Hochleistungs-Becherdrucksystem polycup BDM611-916 bzw. BDM611-920 (Bild 16). Das Druckwerk mit acht Farbwerken garantiert eine her-

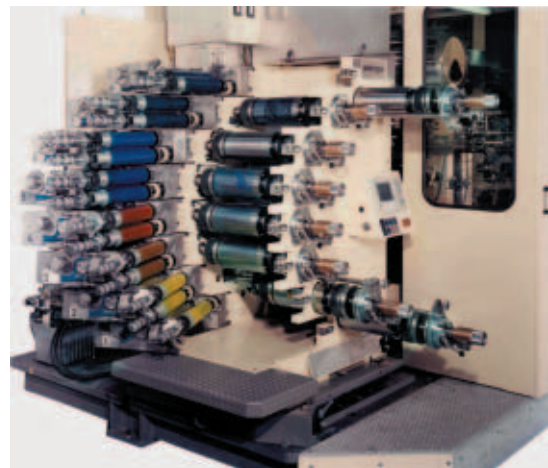


Bild 17. Druckwerk der Tubenbedruckungsanlage RDA 12-80 (Foto: Polytype)



M.O.S.S. s.r.l, Reggio Emilia/Italien, hat ein neues System für das Umrüsten des Druckwerks einer Offset-Maschine ausgearbeitet. Dazu ist ein zweites Druckwerk und eine Doppelablage notwendig. Während das erste Druckwerk normal produziert, wird das zweite Druckwerk, das auf der mit einem Aufnahmeorn ausgestatteten Spezialablage abgestellt ist, für den nächsten Produktionsauftrag vorgerüstet. Auf diese Weise können Stillstandszeiten für das Waschen der Farbwerke und der Walzen,

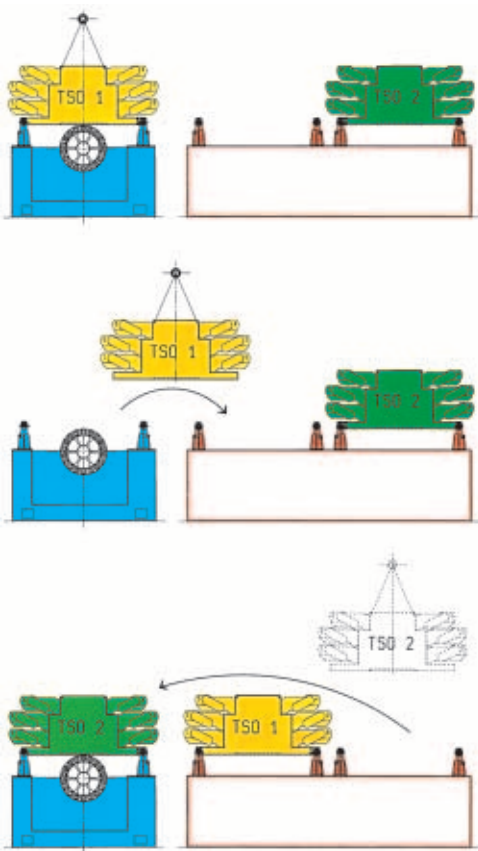


Bild 18. Schematische Darstellung des Austauschs zweier Druckwerke zur Senkung von Rüstzeiten (Zeichnung: M. O.S.S.)

die Montage des Klischees und das Einstellen des Passers vermieden werden. Darüber hinaus kann das separat auf der Ablage stehende Druckwerk mit dem einen Dorn als Halbautomat besonders für kleine Auftragsmengen oder Musteranfertigungen verwendet werden. Der einfache Austausch der Druckwerke dauert nicht länger als 10 Minuten. Die optimale Ausnutzung dieses Systems kann mit zwei Offset-Linien und einem zusätzlichen Druckwerk erreicht werden. In Bild 18 ist der Wechsellvorgang schematisch dargestellt.

Mit der Becherdruckmaschine Modell 688 bietet auch Van Dam, Amsterdam/Niederlande, seine neueste Version für den 8-Farben-Druck in Trockenoffset-Technologie an, die mit einer Geschwindigkeit von 600 Stück/min für das Bedrucken von runden Bechern aus PP, PS oder ähnlichen Kunststoffen ausgelegt ist. Bei der Entwicklung dieser Maschine wurde der Schwerpunkt auf eine kurze Rüstzeit gelegt. Alle Bauteile sind durch große Schiebetüren an Vorder- und Rückseite leicht zugänglich. Ein Hilfswerkzeug erleichtert den Wechsel des Revolvertellers. Mit der neuen Siemens S7-Steuerung können becherabhängige Einstellungen gespeichert und somit leicht reproduziert werden. Ein auf Wunsch lieferbarer breiter Paternoster sorgt für die notwendige Pufferkapazität. Getrocknet werden die Becher auf dem Dorn mit einem UV-Hochleistungstrockner.

**Spezialverfahren**

Oberflächenveredlung mit Wassertransferdruck, ein neuartiges, von Dips'n'Pieces, Swisttal, entwickeltes Beschichtungsverfahren, ermöglicht es nun erstmalig, nahezu beliebig geformte dreidimensionale Objekte mit den verschiedensten Oberflächendekoren zu versehen. Neben Holz-, Stein-, Marmor-, Carbon- und Metallstrukturen steht derzeit eine Auswahl von über 130 Mustern zur Verfügung. Der Beschichtungsvorgang findet im Wasser statt. Zunächst wird ein spezieller Druckfilm gleichmäßig auf der Oberfläche eines Tauchbeckens ausgelegt. Die Trägerfolie löst sich innerhalb kurzer Zeit auf, lediglich die Farbpigmente bleiben auf der Wasseroberfläche zurück. Dieser schwimmende Farbfilm wird mit einem Aktivator behandelt, der die Pigmente verflüssigt. Anschließend werden die zu beschichtenden Objekte, die gegebenenfalls mit einem PUR-Lack grundiert wurden, durch die flüssige Farbschicht in das Wasserbad eingetaucht. Der Dekorfilm legt sich überall gleichmäßig an die gesamte Oberfläche an und überträgt so das gewünschte Muster. Dabei gelangt das Wasser auch an Stellen, die mit herkömmlichen



Bild 19. Little Dipper für den Wassertransferdruck (Foto: Dips'n'Pieces)

Methoden nicht zu erreichen sind. Danach werden die Teile in einer eigens dafür konzipierten Waschmaschine mit warmem Wasser gewaschen, getrocknet und mit Klarlack überzogen. Das System besteht immer aus dem Wassertransferbecken, das derzeit in zwei Größen, dem Little Dipper (Bild 19) mit einer Tauchfläche von 50 x 70 cm und dem Big Dipper mit 80 x 200 cm Tauchfläche, angeboten wird, und der jeweils dazu passenden, gleichfalls teil- oder vollautomatisierten Waschmaschine Little bzw. Big Washer.

Die vor einiger Zeit geäußerte Hoffnung, eines Tages großflächige bunte Druckdessins im Ink-Jet-Verfahren aufbringen zu können [2], ist von Tampo-



Bild 20. Digitale Druckmaschine DSP mit Anwendungsbeispiel (Foto: Tampoprint)

© Carl Hanser Verlag, München KU Kunststoffe Online-Archiv www.kunststoffe.de



Bild 21. DuPont Ink Jet 3210 Printer für den digitalen Textildruck (Foto: DuPont)

print mit der digitalen Druckmaschine DSP verwirklicht worden. Die meisten Kunststoffe können direkt bedruckt werden. Der eingesetzte lösemittelhaltige Farbtyp ist eine langlebige Pigment-Farbe auf Acryl-Basis mit einer sehr guten Lichtechtheit. Die Druckeinheit besteht aus zwölf Druckköpfen zu je 128 Spritzdüsen. Jeweils drei Druckköpfe werden pro Prozessfarbe (Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz) angesteuert. Mit einer größeren Einheit mit 18 Druckköpfen zu je 128 Spritzdüsen können sogar bis zu sechs Farben eingesetzt werden, die den Farbumfang und die Brillanz deutlich erhöhen. Zum Auftragen der Farben wird die Druckeinheit von einem Portal anhand von zwei Linearachsen über dem Bedruckstoff verfahren. Der Bedruckstoff wird auf einem Vakuumtisch fixiert. Die Druckgeschwindigkeit liegt derzeit noch bei maximal 16m<sup>2</sup>/h. Die Aufbereitung der Daten für den Druck erfolgt über die Software Poster Shop 5.0, die im Lieferumfang enthalten ist. Eine Herstellung von Klischees, Sieben oder Druckwalzen ist nicht mehr notwendig. Bild 20 zeigt eine solche digitale Druckmaschine mit einem Anwendungsbeispiel.

Erwähnenswert auch an dieser Stelle ist die neue Technik des digitalen Bedruckens von Textilien, die von DuPont entwickelt wurde und etwa zur Jahresmitte 2001 dem Markt zur Verfügung stehen wird. Das System besteht aus dem DuPont Ink Jet 3210 Printer (Bild 21), dem Artistri Color Control and Management System CCMS und der in acht Farben erhältlichen Artistri Pig-

ment-Druckfarbe auf Wasserbasis. Die Druckbreite beträgt maximal 3,2m, und es können bis zu 60m<sup>2</sup> pro Stunde gefertigt werden. Für den Vertrieb in Europa ist DuPont Italia verantwortlich.

Es ist sehr zu hoffen, dass beide Systeme weiterentwickelt werden, um eines Tages voll-digitale Druckmaschinen für Endlosbahnen mit den heute üblichen Druckgeschwindigkeiten zur Verfügung zu haben.

Von Müller+Kurtz Sondermaschinen GmbH, Winterbach, werden zwar keine



Bild 22. Die neue Ink-Jet-Generation TSSG 207SP (Foto: Wiedenbach)

Druckmaschinen angefertigt. Sie werden aber in allen gewünschten Ausführungen in die Hochleistungs-Montageautomaten eingebaut, die in jedem Fall als Sonderanfertigungen strikt nach Kundenwunsch ausgeführt werden.

## Beschriften und Kennzeichen

Viele Kunststoffteile müssen am Ende des Fertigungsprozesses beschriftet oder mit einer Kennzeichnung versehen werden. Diese Aufgaben erfüllt man heute hauptsächlich mit zwei völlig verschie-



Bild 23. Tintenstrahl drucker S8 Master, ein flexibles und vielseitiges Gerät (Foto: Imaje)

denen Prinzipien, nämlich mit der Lasertechnik oder dem Tintenstrahl druck. Beide Verfahren unterscheiden sich im Endergebnis sehr deutlich und stehen deshalb ziemlich gleichberechtigt nebeneinander.

## Laserbeschriftung

Über das Prinzip und die verschiedenen Verfahren (Vector-, Masken- und Raster-Beschriftung) wurde bereits an früherer Stelle berichtet [3]. Außerdem wird in einer Technischen Information der Trumpf GmbH & Co, Ditzingen, ausführlich über Grundlagen und Technik der Laserbearbeitung berichtet [4]. Die Beschriftungslaser VectorMark der Haas-Laser GmbH & Co. KG, Schramberg, sind sehr flexibel und damit universell einsetzbar. Die im letzten Jahr auf den Markt gebrachte Neuentwicklung VectorMark compact eignet sich noch besser für die Integration in Fertigungslinien durch die äußerst kompakte Bauweise, ein geringes Gewicht, Kühlung, Schutzart IP54, einen hohen Wirkungsgrad und niedrige Betriebskosten. Die frequenzverdoppelte Version mit einer Wellenlänge von 532 nm ist für die



Kunststoffbeschriftung optimiert und führt daher zu kürzeren Bearbeitungszeiten und verbesserten Kontrasten. Die Beschriftung erfolgt ohne Beschädigung der Oberfläche. Als Betriebssoftware wird WinMark unter Windows 95 oder Windows NT verwendet.

Auch bei Tampoprint ist man neue Wege gegangen und hat mit dem Beschriftungssystem Alfalas optimale Werkzeuge für die separate Beschriftung (SLE und SL-Laserklasse 1), zur Integration in Fertigungslinien oder zum Aufbau eigener Laserautomatiken (SK-Laserklasse 4) geschaffen. Sie funktionieren nach dem Strahlenablenkungsverfahren. Für die Auftrags- und Lasersteuerung wird die Software TPMark verwendet. Zum Erstellen der Beschriftungsvorlagen setzt man den Layouteditor TPVised ein.

## Tintenstrahldrucker

Diese schon lange Zeit bekannte und erfolgreich eingesetzte Verfahrenstechnik zur Beschriftung von Formteilen, Profilen, Kabeln und vielen anderen Formen von Kunststoffprodukten bietet nahezu für jede Oberfläche eine Lösung. So äußert sich auch die Wiedenbach Apparatebau GmbH, Moos, zu diesem Thema. Mit der Druckergeneration Tssg 101 hat man die Entwicklung begonnen. Heute setzt

die neue Generation Tssg 207 SP (Bild 22) neue Maßstäbe.

Spezielle Entwicklungen von Tintenstrahldruckern für die Kennzeichnung von Kunststoffen werden auch von der Imaje GmbH, Stuttgart, propagiert. Grundlage für die verschiedenen Ausführungen des neuen Systems ist der S8-Drucker. Er besitzt ein robustes Edelstahlgehäuse und eine hermetisch verschlossene, lösungsmittelbeständige Tastatur. Für einen einwandfreien Start und optimale Verfügbarkeit sorgt die patentierte Spülfunktion im Druckkopf. Die Düsen werden automatisch beim Start gereinigt und anschließend wieder getrocknet. Tintenkonzentration und -temperatur werden kontinuierlich automatisch reguliert. Ein Anti-Puls-System verhindert Vibrationen und Schwingungen im Tintenkreislauf. Für einfache Kennzeichnung mit maximal zwei Zeilen wird der Tintenstrahldrucker S8 Classic empfohlen. Um dunkle Oberflächen einwandfrei zu kennzeichnen wurde von Imaje das Modell S8 Contrast für die Verarbeitung hochpigmentierter Tinten entwickelt, auf die auch die automatische Spülung des Druckers abgestimmt ist. Der Tintenstrahldrucker S8 IP65 steht für die Kennzeichnung unter schwierigen Umgebungsbedingungen zu Verfügung. Er ist nach der Schutzart IP65 vor Spritzwasser und Staub geschützt. Das flexibelste Kennzeichnungssystem der neuen

S8-Drucker von Imaje ist das Modell S8 Master (Bild 23). Es kann mit einem oder zwei Druckköpfen mit ein, zwei oder vier Düsen bestückt werden und verarbeitet alle Arten von Tinten, ob migrationsbeständig, lebensmittelecht oder unsichtbar. Die Kennzeichnung verschiedener Produkte an zwei unterschiedlichen Produktionslinien lässt sich mit nur einem einzigen Gerät ausführen, da zwei angeschlossene Druckköpfe auch unabhängig voneinander arbeiten können. Ein großes Display mit WYSIWYG-Anzeige und Hintergrundbeleuchtung sorgt für gute Lesbarkeit bei allen Lichtverhältnissen. Logos und andere Informationen können leicht in den Drucker geladen werden.

## Literatur

- 1 Dominik, M.: Beschichten von Bahnware, Kunststoffe 89 (1999) 12, S. 33-38
- 2 Dominik, M.: Bahnen bedrucken und veredeln, Kunststoffe 90 (2000) 4, S. 66-68
- 3 Dominik, M.: Beschriften von Kunststoffen, Kunststoffe 86 (1996) 8, S. 1106-1110
- 4 Technische Information Laserbearbeitung/Laserbeschriften, Ausgabe 11/97, Trumpf GmbH + Co., Ditzingen

## Der Autor dieses Beitrags

Dr. Max Dominik, geb. 1930, war viele Jahre lang in leitender Tätigkeit in der Beschichtungsindustrie tätig. Seit 1996 ist er Berater für Kunststoffverarbeitung, Normierung und Umweltschutz.