

Plasma zur sicheren Haftung von UV-Inkjet-Digitaldruck auf runden Oberflächen

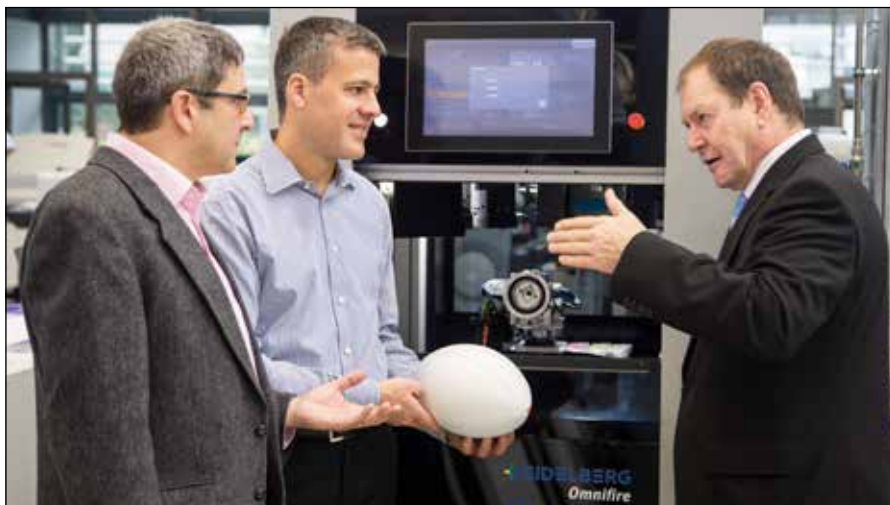
Massenproduktion ganz individuell

Erst seit kurzem ist es möglich, runde Objekte wie Bälle oder Freiformobjekte im UV-Digitaldruck zu personalisieren. Zur optimalen Haftung der unbeschichteten Druckfarben setzt der Druckmaschinenhersteller Heidelberg bei seiner Weltneuheit auf eine Oberflächenvorbehandlung mit Plasma.

Rund 3000 Jahre lang dienten Leder und Schweinsblase der Menschheit zum Kicken, doch gegen Ende der 1960er-Jahre begann der große Umschwung. Kunststoffe ersetzen die Außenhülle des Fußballs, Latex- und Butylkautschuk sein luftgefülltes Innenleben. Nachdem mit dem Anpfiff zur Weltmeisterschaft 1986 in Mexiko der erste vollsynthetische Fußball seine Premiere und offizielle Anerkennung feierte, stand einer Massenproduktion der Kunststoffkugel nichts mehr im Wege.

Die Verwendung elastischer Kunststoffe aus weichem Polyvinylchlorid (PVC) und Polyurethan (PUR) machte den Ball nicht nur strapazierfähiger, wasserabweisend, luftdichter und schneller, das neue Material erlaubte auch die großindustrielle Bedruckung. Erstmals gab es nun schneeweiße und bunte Bälle mit Aufdrucken in allen Farben und Mustern. Der Fußball wurde Hingucker und Massenartikel in einem und zu einem Produkt, von dem heute in Asien über 40 Millionen Stück pro Jahr für die Welt gefertigt werden.

Die Ballhülle ist die meistbeanspruchte Komponente des Balls und ihre Aufdrucke sollen lange halten. Bei modernen Fußbällen ist sie aus mehreren Schichten oder Schalen aufgebaut und besteht beispielsweise aus einem Kunststoff-Laminat, das sich aus einer segmentierten Außenhülle mit Fünf- oder Sechsecken, einer Schaumgummi-, einer Latex- und einer Textilschicht zusammensetzt. Sie werden miteinander



Plasmatreat-Experte Peter Langhof (re.) beschreibt den Heidelberg-Druckspezialisten Ivar Emde (Mi.) und Ingo Ringle (li.) die Wirkung des rotierenden Plasmastrahls auf runden Oberflächen. Im Hintergrund die offene Omnifire 250. (Bild: Heidelberger Druckmaschinen AG)

verklebt oder verpresst und gemeinsam auf der Gummiblase aufgebracht. Bevor die ausgestanzten Segmente der Außenhülle miteinander vernäht werden, wird der Kunststoff noch in flachem Zustand mit den grafischen Elementen des Herstellers zumeist im Siebdruck bedruckt oder durch laminierte Folien optisch gestaltet. Um die Haftung des Aufdrucks zu sichern und den Abrieb der Druckfarben zu verhindern, wird im Allgemeinen als äußerste Schicht ein klarer Kunststoff-Schutzfilm aufgespritzt.

Wie im Digitalzeitalter selbst ein Fußball der Printmedienindustrie zu neuen Geschäftsideen verhelfen kann, zeigte sich im Herbst 2013, als die Digitaldruckstrategen bei Heidelberg auf folgende Idee kamen: Runde und freigeformte Massenprodukte sollten durch eine personalisierte Bedruckung zu einem individuellen Objekt der Begierde werden. Oder anders gesagt: Unter Nutzung modernster Inkjet-Digitaltechnologie sollte ein Drucksystem entstehen, mit dem erstmals auch runde und 3D-Freiformobjekte im UV-Inkjet-Digitaldruck innerhalb von Minuten einen vom Kunden bestimmten einzigartigen Aufdruck erhalten konnten.

Zwar gab es bereits Drucker, die flache oder zylinderförmige Objekte wie

Dosen und Flaschen im UV-Digitaldruck dekorieren konnten, aber was wirklich rund war, wurde bis dahin nur im Rundsieb- oder Tampondruck bedruckt oder mit Folien laminiert. Altbewährte Verfahren, deren Einsatz bei hohen Stückzahlen Standard ist. Doch für die schnelle Bedruckung kleiner Mengen und Einzelstücke sind sie ungeeignet. Die Rüstzeiten sind zu hoch, Produktions- und Trocknungszeiten zu lang, Handling und Logistik unwirtschaftlich und die Herstellung von Filmen, Schablonen und Klischees zu kostenintensiv. Auch arbeiten sie nur selten umweltfreundlich, denn die erforderliche Vorbehandlung der zu bedruckenden Festkörper erfolgt häufig durch den Einsatz lösemittelhaltiger Primer.

Anders bei der Omnifire 250, das Drucksystem, mit dem Heidelberg die maschinelle Umsetzung seiner Vision realisierte. Das neue, vom Hersteller „4D“ getaufte Druckverfahren ermöglicht die individuelle Dekoration dreidimensionaler Einzelstücke bis zu einem Durchmesser von 300 mm auf Knopfdruck. Ein Laser-Ultraschallsensor vermisst das von einem Saugnapf gehaltene Objekt und leitet die Daten an eine 4-Achs-Robotik-Steuerung weiter. Diese steuert das Objekt so, dass zunächst die Oberflächenvorbehand-

lung, danach der Drop-on-demand-Inkjetauftrag, das Pinning (Zwischenhärtung der einzelnen Farben) sowie die UV-Schlusshärtung an genau definierter Stelle erfolgen. Der gesamte Prozessablauf erfolgt vollautomatisch.

HOHE ANSPRÜCHE AN DIE VORBEHANDLUNG

Wenn sich Kunststoffe trotz sauberer Oberfläche schlecht bzw. gar nicht bedrucken, verkleben oder beschichten lassen, so liegt der Grund meist in ihrer zu geringen Oberflächenenergie. Letztere ist das wichtigste Maß für die Beurteilung der voraussichtlichen Benetzbarkeit. Eine homogene Benetzung und der daraus resultierende gleichmäßigere Farbverlauf sowie eine gute Haftung setzen voraus, dass zum einen die Materialoberfläche feinstgereinigt ist, zum anderen die Oberflächenenergie des Festkörpers größer ist als die Oberflächenspannung (mN/m) der flüssigen Beschichtung, sei es eine Druckfarbe, ein Klebstoff oder Lack.

Im Gegensatz zu wässrigen und lösemittelhaltigen Tinten, die zeitaufwendig an der Luft trocknen, also erst Flüssigkeit verdampfen muss, setzt bei einer acrylatbasierenden UV-härtenden Tinte sofort nach ihrem Auftrag und der Bestrahlung mit ultraviolettem Licht eine Vernetzung bzw. Polymerisation ein. Es erfolgt die sekundenschnelle Aushärtung zu einer festen Schicht. Produkte können nun sofort genutzt oder weiterverarbeitet werden. Doch es stellt sich immer die Frage, wie lange der Auftrag auf dem spezifischen Substrat halten wird. Gerade ein Fußball verlangt, dass sein Druckbild mechanisch hoch beanspruchbar ist, und es war klar, dass die PUR-Außenschicht für eine stabile Haftung der UV-Tinten vorbehandelt werden müsste, da der UV-Aufdruck keinen zusätzlichen Schutzfilm wie einen Klarlack mehr erhalten sollte. Doch mit welchem Verfahren? Welche Technik würde sich am besten in die kompakte Omnifire integrieren lassen? Was bot die höchste Prozesssicherheit, Reproduzierbarkeit und Effektivität bei gleichzeitiger Berücksichtigung nachhaltiger Aspekte?

Da sich eine Vorbehandlung mit Corona nicht universell für alle Substrate einsetzen lässt und vor allem für 2D-Anwendungen entwickelt wurde, schied diese Methode schon weit am Anfang

der Überlegungen aus. Der integrierte Einsatz einer Nano-Flamme wäre zwar möglich, aber auch mit einem stark erhöhten Sicherheitsaufwand (z.B. Explosionsschutz) verbunden gewesen. Auch eine Vorbehandlung im Niederdruckplasma war keine Option, da eine solche Anlage nicht in die Maschine hätte eingebaut werden können. Ganz zu schweigen von der Tatsache, dass der durch das Vakuum verringerte Außendruck die Luft im Ball ausgedehnt und ihn dadurch vergrößert hätte. Und Primer? Technisch stand der Integration des nass-chemischen Verfahrens in das Drucksystem nichts im Wege, doch sollte es nur als Zusatzverfahren bei den Fällen zum Einsatz kommen, in denen ein anderes Verfahren für die Haftung der Drucktinten nicht ausreichte.

„Immer mehr“, sagt Ivar Emde, Produktmanager 4D-Printing bei Heidelberg, „trat ein anderer Vorbehandlungsprozess in den Vordergrund – der Einsatz von Atmosphärendruckplasma.“ Genauer gesagt, die Openair-Plasmatechnologie von Plasmatreat, deren Zuverlässigkeit dem Maschinenbauer durch eine 10 Jahre zuvor erworbene und noch immer laufende Laboranlage bereits bekannt war.

DOPPELEFFEKT

Das bereits 1995 von dem westfälischen Anlagenbauer entwickelte und heute in praktisch allen Industriezweigen weltweit genutzte atmosphärische Plasmadüsenverfahren ist ein trockener Prozess, der sich durch die Doppelwirkung von mikrofeiner Reinigung und simultaner Aktivierung auszeichnet. Das Plasma wird von einer Hoch-



Openair-Plasma-Rotationsdüsen arbeiten mit Geschwindigkeiten von 2.700 Umdrehungen in der Minute. Das seitlich des violetten Lichtbogens ausströmende (nicht sichtbare) Plasma bewirkt eine hohe Aktivierung der Balloberfläche und in Folge ihre homogene Benetzbarkeit. (Bild: Heidelberger Druckmaschinen AG)

spannungsentladung im Inneren der Düse generiert und mittels Luftströmung auf die Oberfläche des zu behandelnden Teiles transportiert. Zur Aktivierung kommt es durch die chemische und physikalische Wechselwirkung des Plasmas mit dem Substrat. Trifft das Plasma auf eine Kunststoffoberfläche, so werden dabei sauerstoff- und stickstoffhaltige Gruppierungen in die meist unpolare Polymermatrix eingebaut. Die Plasmaaktivierung bewirkt, dass die Oberflächenenergie ansteigt und das Substrat polar wird. Möglich wird dieser Effekt durch im Plasma vorhandene energiereiche Radikale, Ionen, Atome und Molekülfragmente, die ihre Energie an die Oberfläche des zu behandelnden Materials abgeben und dadurch chemische Reaktionen initiieren. Die entstandenen funktionellen Hydroxyl-, Carbonyl- und Carboxylgruppen (aber auch Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs) gehen mit Beschichtungen teils sehr feste chemische Bindungen ein und tragen so zu einer bedeutenden Verbesserung der Haftung bei.

Die typischen Erwärmungen von Kunststoffoberflächen während der Behandlung betragen weniger als 30° Celsius. Der Plasmaeffekt führt zu einer homogenen Benetzbarkeit der Oberfläche – ein wichtiger Aspekt für das Inkjet-Druckverfahren, wo Aufprall und Ausbreitung der Tintentropfen auf dem Substrat von entscheidender Bedeutung für das Druckresultat sind. Atmosphärendruckplasma ist umweltfreundlich, benötigt werden für seinen Betrieb allein Druckluft und elektrische Energie. Dadurch werden in der Produktion Emissionen von VOC (Volatile Organic Compounds / leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe) von vorneherein vermieden.

ROTIERENDES PLASMA

Will man eine Banderole auf die Äquatorlinie des Balls drucken, muss dieser sich während des gesamten Vorbehandlungsprozesses um seine eigene Achse drehen. Bei allen Vorteilen, die der angestrebte Plasmaprozess bot, stellte sich für die Heidelberger Entwickler doch noch die alles entscheidende Frage: Wie konnte sichergestellt werden, dass der von oben auf die Kunststoffoberfläche auftreffende Plasmastrahl die ebenen Bereiche und die nach au-

Ben abfallenden Randbereiche gleichermaßen stark aktiviert?

„Die Frage ist berechtigt“, sagt Peter Langhof, Market Manager bei Plasmateat, „denn mit statischen Einzeldüsen, die nur einen relativ kleinen Austrittswinkel haben, wäre die hier erforderliche großflächige homogene Aktivierung nicht möglich.“ Anders ist es bei Verwendung der von Plasmateat patentierten Rotationsdüsen, die Behandlungsbreiten von 50 mm erreichen und mit Umdrehungen von 2.700U/Min. arbeiten. „Bei einer Rotation“, so der Plasmaexperte weiter, „ist am Rand des Behandlungsfeldes (Rundung des Balls) die Plasmaaktivierung durch die Überlappung der Rotationsspuren etwas stärker als in der Mitte, obwohl die Düse vom Randbereich weiter entfernt ist. Umgekehrt ist in der Mitte die Düse der Fläche näher, der Plasmaeintrag hier jedoch schwächer. Letztendlich gleicht sich dadurch der Plasmaeffekt aus und die Intensität der Aktivierung ist auf der gesamten Fläche homogen.“

In einer dreimonatigen Versuchsphase mit einer Plasmateat Mietanlage testete Heidelberg die Wirksamkeit der Plasmavorbereitung auf unterschiedlichen Werkstoffen. Die Ergebnisse waren eindeutig. „Nicht nur die Haftung hatte sich gegenüber unbehandelten Substraten deutlich erhöht“, bestätigt Emde, „auch war insgesamt eine Qualitätssteigerung eingetreten, Schärfe und Farbbrillanz des Druckbildes selbst hatten sich verbessert.“ Darüber hinaus brachte dieses Plasmaverfahren eine sehr hohe Prozesssicherheit mit sich, die für Heidelberg von größter Bedeutung war. Damit stand einer Ausstattung der Omnifire-Systeme mit der Openair-Plasma-Technik nichts mehr im Wege.

HAFTUNGSTEST UNTER REALBEDINGUNGEN

Die BVD Druck+Verlag AG, Spezialist für Offset-, Digitaldruck und Werbetechnik mit Sitz in Lichtenstein, war das erste Unternehmen, das das 4D-Druckverfahren für seine Zwecke entdeckte. Zunächst mit einer nur schwarz druckenden Anlage, doch seit Januar 2016 mit einer zusätzlichen vierfarbigen Omnifire 250.

Bedruckt werden fast ausschließlich Markenfußbälle, wie die der baden-würt-



In zweieinhalb Minuten personalisiert und auslieferbereit. Das Balleristo-Produktsortiment hat sich in kurzer Zeit von plasmabehandelten Fuß-, Golf- und Volleybällen auf praktisch alle Sportballarten erweitert. (Bild: Balleristo.eu)

tembergischen JAKO Ag. Das PUR-Obermaterial dieser Bälle erhält herstellenseits einen zusätzlichen klaren PUR-Film zum Schutz des zuvor im Siebdruck aufgetragenen Druckbildes. Diese letzte Schicht gilt es nun mit UV-härtenden Tinten zu bedrucken, die selbst jedoch keinen eigenen Schutzfilm mehr erhalten, sondern nach der Aushärtung von sich aus gut haften müssen. Reto Knecht, Projektleiter Balleristo der BVD und selbst begeisterter Vereinsfußballer, schmunzelt: „Labortests sind unverzichtbar“, sagt er, „aber ob ein Fußball-Aufdruck der hohen Spielbelastung tatsächlich standhält oder abblättert, zeigt sich letztendlich erst auf dem Platz.“ Knecht testete „seine“ Fußballer unter Realbedingungen. Zunächst erhielten die verschiedenen PUR- und PVC-Bälle jeweils drei unterschiedlich lange Plasmabehandlungen bei mehrfachen Ballumdrehungen. Nach dem Druck der erste Praxistest: ein zweimal 120 Minuten dauerndes Balltraining, Elfmeterschießen inklusive. Nur Bälle, deren Druckbild danach besser oder mindestens gleich dem Hersteller-Siebdruck-Bild war, kamen zum dreimonatigen Spielfeld-Testeinsatz. Dann noch einmal zur optischen Prüfung ins Labor und die Sache war klar: Das UV-Druckbild hatte die vorgegebenen Anforderungen an die Haftung dank der intensiven Plasmabehandlung erfüllt.

Vom Einlegen des Fußballs bis zu seiner Entnahme dauert der gesamte Druckprozess in der Omnifire 250 gerade einmal zweieinhalb Minuten, dann ist das Produkt auslieferbereit. Das Balleristo 4D-Produktsortiment hat sich in kurzer Zeit von plasmabehandelten Fuß-, Golf- und Volleybäl-

len auf praktisch alle Sportballarten erweitert. Aber auch Trinkflaschen, Schienbeinschoner und andere frei geformte Objekte werden heute bei der BVD mit Hilfe der Plasmatechnologie im UV-Digitaldruck personalisiert.

PLASMA AUCH FÜR GROSSE FLÄCHEN

Was das 250er Modell im Kleinen kann, schafft die von Heidelberg im Herbst 2016 präsentierte Omnifire 1000 im Großen. Dank einer Sechs-Achs-Robotik können mit ihr Freiform-Objekte in beliebiger Geometrie und aus unterschiedlichen Materialien bis zu 1,4 Meter Länge bedruckt werden. Für sie sind beispielsweise personalisierte Motorradhelme und Eishockeyschläger aus Kompositwerkstoffen oder Reisekoffer aus Polycarbonat ebenso machbar wie ihr Einsatz in industrialisierten Produktionsprozessen, etwa für Teile der Automobil-Innenausstattung oder für Gepäckablagefächer in Flugzeugen. Sowohl Serienteile als auch After-Sales-Teile können nun mit unterschiedlichen farbigen Dekoren individualisiert und somit aufgewertet werden. Auch hier erfolgen Reinigung und Aktivierung der Oberflächen vor dem UV-Druck mit Openair-Plasma. Für große Flächen wird die Plasma-Rotationsdüse so gesteuert, dass die Vorbehandlung bahnenweise verläuft.

FAZIT

Die Entscheidung zu Gunsten von Atmosphärendruckplasma hat sich für Heidelberg gelohnt. „Das Rotationsplasma von Plasmateat“, fasst Emde zusammen, „ist für uns ein wesentlicher Baustein, um schnell und effizient auf unterschiedlichsten Materialien eine gute Haftung und Benetzung der Tinte zu erzielen.“ Das trocken arbeitende Verfahren ist prozesssicher und reproduzierbar, die Technik wartungsarm und die Vorbehandlung umweltfreundlich. Anhänger des Megatrends „Customize Your Life“ können sich freuen: In Lichtenstein werden heute tausende von Bällen für Sportfreunde in ganz Europa personalisiert, und die Omnifire hat längst auch ihren Weg in die USA und nach Asien gefunden, um dort die Konsumenten mit individuellen Aufdrucken zu beglücken.

Inès A. Melamies