Atmosphärische Plasmavorbehandlung von Leiterplatten

Ohne Vakuum

Bei einem der international agierenden Hersteller für qualitativ hochwertige potentiometrische und kontaktlose Weg- und Winkelsensorik, der Novotechnik in Ostfildern bei Stuttgart, wurde bereits in den 90-ern umweltfreundlich produziert, als man die Vorbehandlung von Platinen lange Zeit mittels Niederdruckplasma in einer Vakuumkammer vornahm. Die von Plasmatreat entwickelte und patentierte Atmosphärendruck-Plasmatechnologie Openair schuf allerdings noch weiterreichende Möglichkeiten.

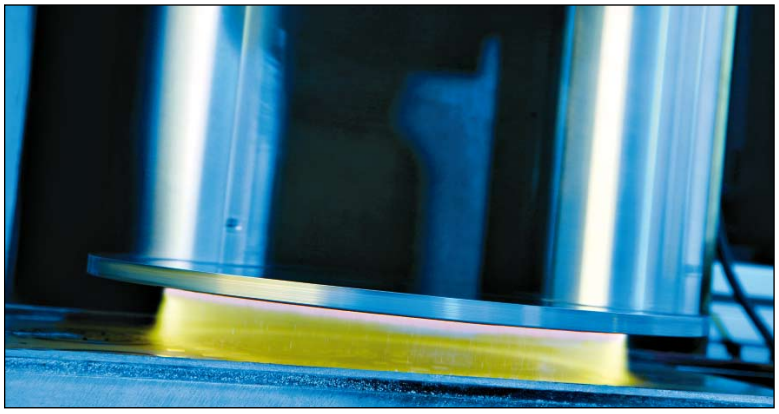

Bild 1: Die Rotationsdüse verfügt über zwei atmosphärische Plasmaquellen, die die Leiterplatte inline reinigen, neutralisieren und gleichzeitig die Materialoberfläche so stark aktivieren, dass sie für sämtliche Beschichtungs-, Druck- oder Klebeprozesse empfänglich wird
(Quelle: alle Bilder Plasmatreat)

Bild 2: Wegaufnehmer-Sensoren werden vor allem in rauen Umgebungsbedingungen bei hohen Verfahrgeschwindigkeiten verwendet

Das Niederdruckverfahren, das Novotechnik eingesetzt hatte war effektiv. Doch als geschlossenes System wies es für die Produktion auch Nachteile auf: So eignen sich Vakuumkammern zwar hervorragend für Batchprozesse, nicht aber für die Vorbehandlung großer Stückzahlen. Die Prozesszeiten waren zu lang. Auch war eine Integration in die bestehenden Siebdruck-Fertigungslinien nicht möglich. Hinzu kam der personalintensive Betrieb, da eine Person die Niederdruckkammer jeweils bestücken und die Bauteile anschließend wieder manuell herausnehmen musste.

Als man beschloss, ab dem Jahre 2000 die Produktion zu erhöhen, schaute sich das Unternehmen nach einem alternativen Verfahren um – und wurde fündig. Die Lösung war wiederum ein Plasmaverfahren, allerdings diesmal eins ohne die vorgenannten Einschränkungen (**Bild 2**).

Plasma beruht auf einem einfachen physikalischen Prinzip. Durch Energiezufuhr ändern sich die Aggregatzustände: Aus fest wird flüssig, aus flüssig gasförmig. Wird einem Gas nun weitere Energie zugeführt, so wird es ionisiert, d. h. die Elektronen erhalten eine höhere kinetische Energie und verlassen die Schale. Es bilden sich freie Elektronen, Ionen und Molekülfragmente. Es entsteht Plasma. Dieser „4. Aggregatzustand“ ist jedoch unter Normaldruck aufgrund seiner Instabilität kaum zu verwenden (**Bild 3**).

Die 1995 von Plasmatreat, Steinhagen, entwickelte und patentierte Atmosphärendruck-Plasmatechnologie Openair schuf neue Möglichkeiten: Durch die Entwicklung und den Einsatz von Plasmadüsen gelang es, den bis dahin industriell kaum genutzten Aggregatzustand in Produktionsprozesse zu integrieren und damit Plasma unter normalen Umgebungsluftbedingungen für die Vorbehandlung von Materialoberflächen in großem Umfang für die Industrie „inline“ nutzbar zu machen. Die zugeführte Energie wird beim Kontakt mit Materialoberflächen auf diese übertragen und steht so für nachfolgende Reaktionen

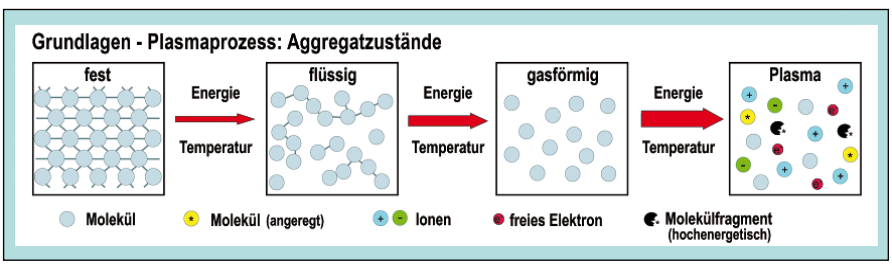

Bild 3: Plasma bezeichnet man auch als den 4. Aggregatzustand

AUTORIN
Inès A. Melamies,
Fachjournalistin, Bad Honnef

all-electronics.de
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG

Entdecken Sie weitere interessante Artikel und News zum Thema auf all-electronics.de!

Hier klicken & informieren!

auf den Materialen zur Verfügung. Auf diese Weise entstehen Oberflächen mit idealen Eigenschaften zum Beschichten, Bedrucken, Kleben oder Schäumen.

Potenzialfreier Plasmastrahl

Das Verfahren basiert auf einem Düsenprinzip für unterschiedlichste Bauteilgeometrien. Im Gegensatz zu komplexen Plasma-Niederdrucksystemen (Vakuumkammer) wird hier die Anlage in die Fertigungslinie für kontinuierliche Prozessabläufe integriert und arbeitet unter ganz normalen Luftbedingungen (**Bild 4**). Die Düsen werden einzig mit Luft und Hochspannung betrieben.

Bild 4: Die Leiterplatten laufen im kontinuierlichen Prozess von der Bestückung durch das Plasmasystem bis in die Siebdruckanlage. Die raumsparende Plasmaanlage bedient bei Novotechnik vier Siebdrucklinien

Bild 5: Komplette Drosselklappeneinheit mit Klappe, integriertem Stellmotor und Sensor. Die Vorbehandlung mit Open Air Plasma erfolgt bei der Beschichtung der integrierten Sensor-Leiterplatte

Christian Buske, geschäftsführender Gesellschafter von Plasmatreat: „Als besonderes Merkmal ist der austretende Plasmastrahl elektrisch neutral, wodurch sich die Anwendbarkeit stark erweitert und vereinfacht. Seine Intensität ist so hoch, dass Bearbeitungsgeschwindigkeiten von mehreren 100 m/min erreicht werden können."

Die typischen Erwärmungen der Kunststoffoberflächen während der Behandlung betragen hier $\Delta T < 20\,°C$. Das Plasmasystem ist durch eine dreifache Wirkung gekennzeichnet: Es aktiviert die Oberfläche durch gezielte Oxidationsprozesse, entlädt erstere gleichzeitig und bewirkt eine mikrofeine Reinigung der Oberflächen von Metallen, Kunststoffen, Keramik und Glas. Durch den Zusatz eines Precursors wurde die Technik in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IFAM zu Zwecken der Nanobeschichtung weiterentwickelt und wird heute zur Schichtabscheidung und Funktionalisierung von Oberflächen genutzt.

Sensible Sensorik

Die moderne Automobiltechnik ist ohne Sensorik kaum noch denkbar. Typische Beispiele für den Bereich Motormanagement sind die Erfassung der Drosselklappenstellung (**Bild 5**) und der Pedalposition. Elektronische Pedalwert-Module bestehen aus Gehäuse mit Pedalhebel, Winkelsensor und einer Mechanik zur Nachbildung eines traditionellen Gaspedalgefühls für den Fahrer. Der Fahrpedalsensor liefert dem Steuergerät die Stellung des Gaspedals und beeinflusst über die Stellung der Drosselklappe das Luft-Benzin-Gemisch.

Alle Leiterplatten dieser Sensoren werden bei Novotechnik im Siebdruckverfahren mit einem speziell entwickelten, hoch qualitativen Leitlack hergestellt.

„Open air" im Test

Als der Sensorhersteller die atmosphärische Plasmatechnik aus Westfalen ▶

Bild 6: Dr. Tobias Eckert, Leiter des Technologiezentrums Potentiometer bei Novotechnik sieht den Einsatz der atmosphärischen Plasmatechnik als „Meilenstein“ bei der Sensorfertigung

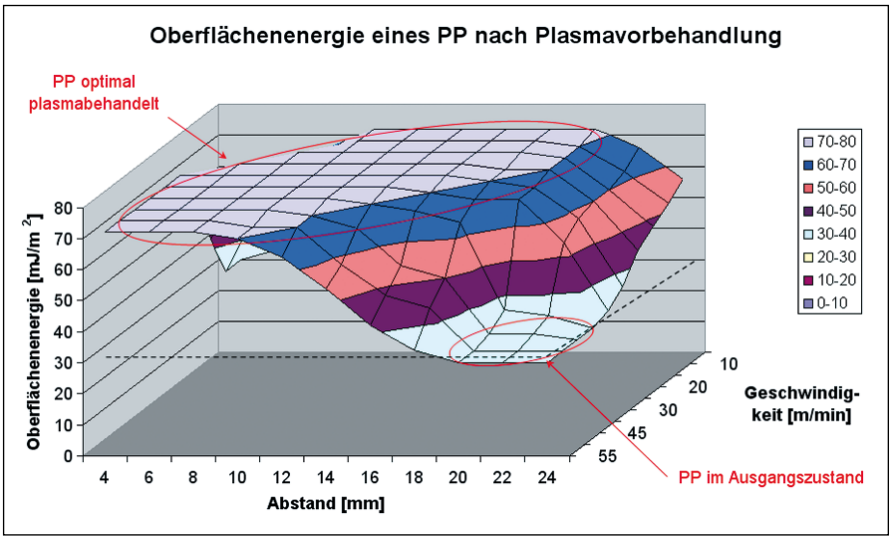

Bild 7: Dargestellt ist eine Kunststoffoberfläche, die in Abhängigkeit von Abstand und Geschwindigkeit mit Plasma vorbehandelt wurde. Die Oberfläche wird nach der Behandlung polar und die Oberflächenenergie steigt auf über 72 mJ/m² bei großem Prozessfenster

nach Informationen eines Kunden, dem Automobilzulieferer Hella, ins Auge fasste und erste Tests durchführte, wurde das Potenzial der innovativen Technologie schnell erkannt. „Das System war leicht in unsere Prozesse zu integrieren, der Durchsatz konnte gesteigert und gleichzeitig Personal eingespart werden,“ berichtet Dr. Tobias Eckert, Leiter des Technologiezentrums Potentiometer bei Novotechnik (**Bild 6**). Die Tests dauerten zwei bis drei Monate und umfassten die Prüfung der Aktivierung der Oberfläche, die Haftfestigkeit (Gitterschnitt) sowie umfangreiche „Lebensdauertests“ zur Absicherung der Qualität. Bei letzteren werden Belastungsarten und Belastungszyklen, die beim Produkt im Laufe seines Einsatzes auftreten können, mittels speziellen Testeinrichtungen simuliert.

So verlangte ein Kunde z. B. für ein Drosselklappenprodukt den Nachweis, dass das Bauteil mit über 10 Mio. Zyklen am Motor betrieben werden kann, ohne dass es seine elektrischen Eigenschaften signifikant ändert. Um diesen Anspruch einschätzen zu können, muss man wissen, dass die Zahl etwa 1 Mio. gefahrenen Kilometern entspricht.

Auch gilt für die Produktion bei Novotechnik generell, dass technische Änderungen nicht einfach eingeführt werden dürfen. Erst nach Herstellung und Übergabe von Mustern an den Kunden und dessen Prüfung und Freigabe können technische Neuerungen ihre Arbeit aufnehmen.

Aktivierung von LP-Oberflächen

Bei der Vorbehandlung der Leiterplattenoberflächen geht es in erster Linie um deren Aktivierung, d. h. um die Erhöhung der Oberflächenenergie. Sie ist das wichtigste Maß für die Beurteilung der voraussichtlichen Haftung einer Klebschicht oder Beschichtung. Im allgemeinen haben beispielsweise Kunststoffe eine geringe Oberflächenenergie, meist zwischen 28 und 40 mJ/m². Aber erst ab 38 bis 42 mJ/m² bilden sich erfahrungsgemäß gute Haftungsvoraussetzungen. Durch eine Plasmabehandlung, d. h. durch eine starke Aktivierung der Materialoberfläche, kann jedoch noch eine deutliche Steigerung der Oberflächenenergie erreicht werden.

Versuche bei Plasmatreat ergaben, dass bei den meisten Kunststoffen Werte bis über 72 mJ/m² möglich werden (**Bild 7**). Die Folge: Es können nun nicht nur bislang inkompatible Substrate verbunden werden, auch die Haftung von wasserbasie-

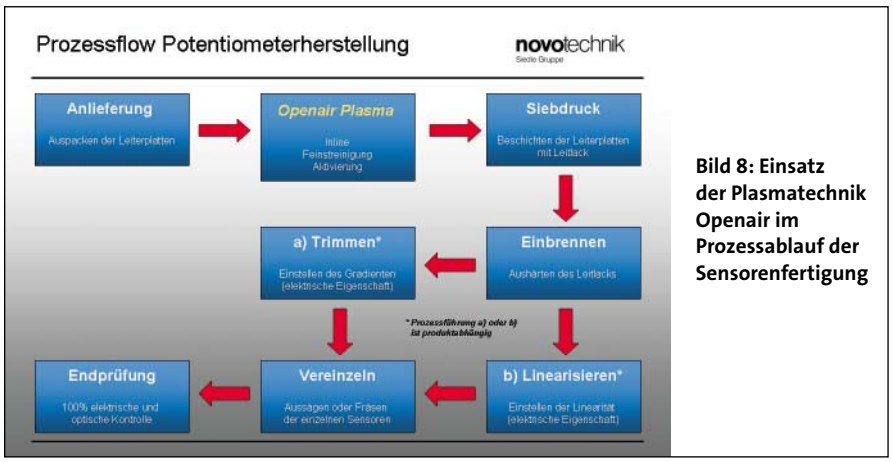

Bild 8: Einsatz der Plasmatechnik Openair im Prozessablauf der Sensorenfertigung

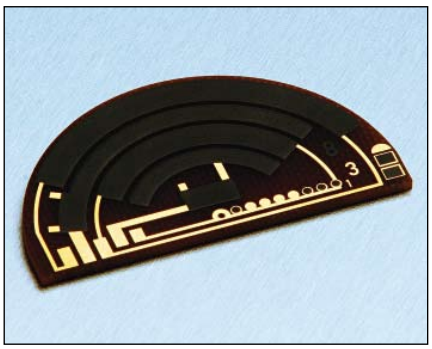

Bild 9: Die bestückten Nutzen werden nach dem Bedrucken im Ofen gebrannt und ausgehärtet. Nach der Vereinzelung erfolgt zu 100 % eine optische und elektrische Prüfung der Platinen

renden Klebstoff- oder Lacksystemen auf sehr klebstoffunfreundlichen Oberflächen, wie unpolarem Kunststoff, wird in den meisten Fällen möglich. Ist die zu behandelnde Fläche aus Kunststoff oder Metall – durch eine Vorbehandlung der Leiterplatten mittels Plasma werden praktisch sämtliche Klebe-, Druck- und Beschichtungsprozesse durchführbar.

Atmosphärisches Plasma bei Novotechnik

Ende 2000 wurde die Open air-Technik erstmalig bei Novotechnik in der Produktion eingesetzt (**Bild 8**). Die Fertigung der FR4-Leiterplatten, ein für elektronische Schaltungen standardmäßig verwendetes glasfaserverstärkte Epoxidmaterial, erfolgt unter Reinraumbedingungen. Das Material wird vorstrukturiert, d. h. mit geätzten Leiterbahnstrukturen, angeliefert. Die für die potentiometrischen Sensoren bestimmten Nutzen mit einer Größe von 130 mm x 240 mm können bis zu 70 Platinen-Rohlinge enthalten.

Die Behandlung mit Plasma ist notwendig, um einerseits im Siebdruckprozess eine sichere Benetzung des Untergrunds mit der Leitpaste, auch Leitlack genannt, sicherzustellen und zum zweiten, um eine gute Haftung des Leitlacks auf dem Untergrund zu erzielen. Positiver und wichtiger Nebeneffekt: Das mit nahezu Schallgeschwindigkeit auf die Oberfläche strömende Plasma entfernt außerdem oberflächlich anhaftende Partikel und neutralisiert die elektrostatische Aufladung der Leiterplatten nach dem Auspacken.

Das Plasmaverfahren benötigt max. 1 s für die Aktivierung eines Nutzens. Anschließend werden die Nutzen zur Druckanlage transportiert, wo im Siebdruckverfahren die Bedruckung mit einem Leitlack erfolgt. Die bei Novotechnik gefertigten Leitlacke sind Eigenentwicklungen, die für die jeweiligen Einsatzgebiete maßgeschneidert sind. „Sie stellen gewissermaßen das Herzstück eines Potentiometers dar, denn die Qualität des Leitlacks bestimmt die Lebensdauer des Sensors in der Anwendung," berichtet Dr. Eckert.

Da sich das Fließverhalten der Leitpaste während des Siebdruckprozesses verändert und die elektrischen Eigenschaften beeinflusst, ist es notwendig, den Siebdruckprozess zu regeln. Hierzu werden während der Produktion stichprobenartig die Nassfilmdicke bestimmt und von bereits eingebrannten Teilen die relevanten elektrischen Parameter gemessen. So hat man bei Novotechnik bereits während eines laufenden Auftrags die Möglichkeit, elektrisch wirksame Veränderungen rechtzeitig zu erkennen und einzugreifen.

Nach dem Aushärteprozess im Ofen werden die Teile vereinzelt (**Bild 9**) und zu 100 % elektrisch und optisch am Computer geprüft. Anschließend werden sie entweder in einem Gehäuse zusammen mit einem Schleifkontakt verbaut oder einzeln an Kunden ausgeliefert, die ihrerseits die Potentiometer in ihren Systemen verbauen.

Schlussbemerkung

Außer Bauteilen für die Automobilindustrie werden bei dem schwäbischen Sensorhersteller auch Leiterplatten für Sensoren zum Einsatz in anderen Industriezweigen plasmabehandelt, wie z. B. Rundpotentiometer für Steuerungsanlagen im Schiffsbau oder bei Windkraftanlagen. Dr. Eckert ist mit den Ergebnissen der Plasmabehandlung ausgesprochen zufrieden: „Ich kann den Wechsel von der Niederdruck-Plasmakammer zum Einsatz der integrierten Open air-Technik als Meilenstein in der Weiterentwicklung der Produktion unserer Sensoren bezeichnen. Wir haben damit den Durchsatz verdreifacht. Der Prozess ist hochwirksam, sicher, schnell und dadurch kostengünstig. Es reicht eine Plasmaanlage zur Versorgung von mehreren Siebdrucklinien aus. Das System arbeitet sehr zuverlässig und weist eine geringe Störanfälligkeit auf, womit eine hohe Verfügbarkeit für eine kontinuierliche Produktion unserer Sensoren gegeben ist." Seit dem Einsatz der Plasmatechnologie Openair wurden bei Novotechnik weit über 50 Mio. aktivierte Einzelteile gefertigt und ausgeliefert. Haftungsprobleme bei der Beschichtung gab es bis heute keine.

infoDIRECT **420*pr*1109**

www.productronic.de
► Link zu **Plasmatreat**