

PC-Control für hochflexible Produktionsanlage zur Veredelung von Kunststoffoberflächen

Makellose und kratzfeste Oberflächen

Bei der Veredelung von Kunststoffoberflächen, wie sie von der GfO Gesellschaft für Oberflächentechnik mbH betrieben wird, geht es um sehr komplexe Prozesse, die automatisierte und hochflexible Produktionsanlagen erfordern. Da es sich hierbei um Reinraumanwendungen handelt, hat die Steuerung sowohl prozesstechnische als auch fertigungstechnische Aufgaben zu erfüllen: Die im Produktmix betriebene Produktionsanlage stellt mit der RFID-Identifikation, der Fertigungssteuerung sowie der Rezepturverwaltung MES-Anforderungen an die Steuerung. Hierzu gehören auch die Rechnerkopplungen mit den Subsystemen, wie Beschichtungsstation, kamerabasierte Oberflächeninspektion und Robotersystem. Alle Steuerungsaufgaben sind PC-basiert und werden mit TwinCAT realisiert. Die Prozessperipherie ist über diverse Feldbussysteme mit dem Beckhoff-Busklemmensystem gekoppelt.



In der Station zur Vorbehandlung werden die Kunststoffteile zunächst per Bürste (im Bild links) vorgereinigt und anschließend unter dem stationären Plasmakopf zur Vorbehandlung mittels atmosphärischen Plasmas bewegt. Beide Abläufe erfolgen dynamisch mittels Servoantriebstechnik von Beckhoff.

Die GfO Gesellschaft für Oberflächentechnik mbH in Schwäbisch-Gmünd, in Deutschland, ist auf die Veredelung hochwertiger Kunststoffoberflächen spezialisiert, wie sie für Displayvorsatzscheiben in Geräten der Mess-, Steuer-, Regelungs- und Medizintechnik sowie für Mobiltelefone, MP3-Player, Computer oder Navigationsgeräte genutzt werden. Je höher der Anspruch an die Funktion eines Gerätes, umso größer sind die Anforderungen an die Oberfläche: Diese muss hochwertig glänzen, glatt und vor allem kratzfest sein. Aber auch im Automobilbereich, wo Innenteile für Anzeigen und Bediengeräte oder Teile der Außenausstattung (Scheinwerferabdeckungen, Seitenblenden, usw.) aus Kunststoff gefertigt werden, sind mechanisch und chemisch beständige Oberflächen unverzichtbar.

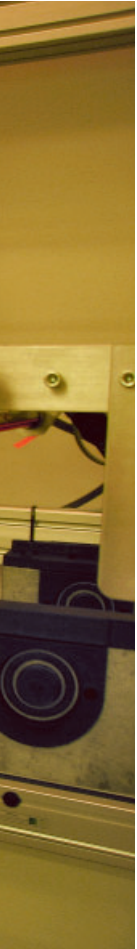
Im Jahr 2005 entschied sich die GfO für den Einsatz einer selektiven Beschichtungstechnik, die auf einem Inkjet-Verfahren beruht, das von einem englischen Partner patentiert wurde. Um den im Reinraum erfolgenden Veredelungsprozess anwenden zu können, entwickelte GfO eine komplett neue Produktionsanlage, mit der die Oberflächen von Kunststoffteilen vollautomatisch aktiviert und nach dem Lackauftrag oberflächengehärtet werden. „Die GfO entwickelt ihre Produktionsanlagen selbst, d. h. wir verfügen über einen eigenen Betriebsmittelbau und fertigen auch die Halterungen und die Lackieraufnahmen für die Produkte, die wir im Auftrag unserer Kunden bear-

beiten. Im Prinzip haben wir bei der neuen Anlage nur den Reinraum gekauft, aber selbst die Planung, wie die Reinnräume gestaltet werden müssen, erfolgte hauptsächlich bei uns. Wir haben auch die Anlagentechnik selber zusammengestellt und die einzelnen Komponenten, wie z. B. die Bearbeitungsstationen zum Einlegen und Entnehmen, entwickelt“, sagt Peter Wasgjen, Leiter Konstruktion der GfO.

Hoher Anspruch an TwinCAT

Die komplexe Anlage wurde mit PC-basierter Steuerungstechnik von Beckhoff voll automatisiert. Die Planung und Ausführung der Automatisierungstechnik übernahm die APA-Tec GmbH. „Im Mai 2005 haben wir den Schaltplan für die erste Planung gemacht; danach haben wir mit dem Aufbau der Anlagensteuerung begonnen“, berichtet Eberhard Vaas, Geschäftsführer der APA-Tec. Diese neue Anlage zur Herstellung kratzfester Oberflächen war jedoch nicht das erste Projekt, das Eberhard Vaas und APA-Tec gemeinsam mit der GfO in Angriff nahmen. Und es ist auch nicht die erste GfO-Anlage, in der die Automatisierungsplattform von Beckhoff zum Einsatz kommt. „Aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellung, zu der sowohl ein umfangreiches Teilespektrum mit einer gemischt ablaufenden, vollautomatischen Produktion als auch Qualitätssicherungsmaßnahmen gehören, musste eine flexible Steuerung mit



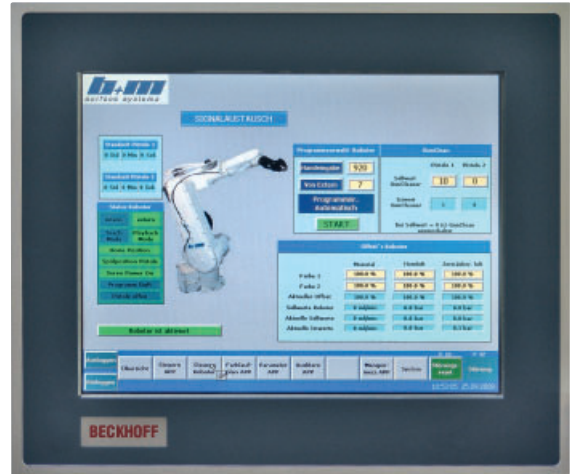
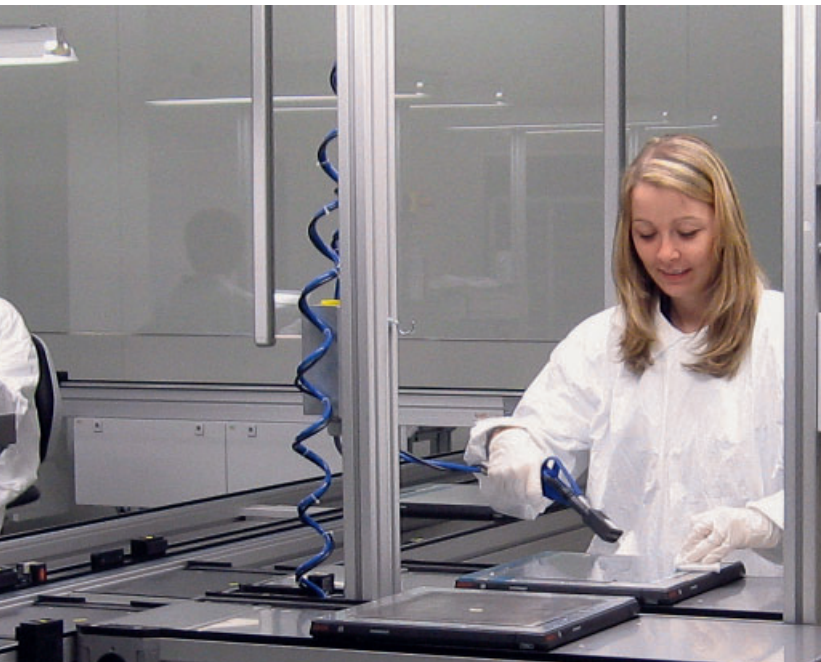


horizontalen und vertikalen Integrationsmöglichkeiten eingesetzt werden“, sagt Eberhard Vaas. „Die gesamte Verwaltung des Produktionsablaufs, zu der das Erkennen der Werkstückträger und auch der zu bearbeitenden Kunststoffteile – mitsamt der Zuordnung der richtigen Rezepturen – gehört, erfolgt durch TwinCAT.“

Reinigungsstation ist steuerungstechnisches Highlight

Der Anspruch an die Anlage ist sehr hoch: Auf die Kunststoffoberflächen wird im Inkjet-Verfahren transparenter Schutzlack durch einen Spezialdrucker aufgebracht. Die Druckerrezeptur ist abhängig von den zu bearbeitenden Kunststoffteilen. Damit der transparente Schutzlack auch sicher haftet, werden die Kunststoffteile in zwei Arbeitsgängen vorbehandelt. Zunächst werden die auf den Werkstückträgern aufgelegten Teile durch Bürsten gereinigt. Hierzu sagt Peter Wasgien: „Es handelt sich um eine feuchte Bürstenreinigung, die zusätzlich statische Aufladungen abbaut.“ „Die Bürstenreinigung und die darauf folgende Plasmareinigung“, ergänzt Eberhard Vaas, „stellt bereits ein steuerungstechnisches Highlight dar.“ Die Bürste besteht aus zwei Längsbürsten, die sich gegenläufig bewegen. Die Werkstückträger werden nach einem genauen Muster und Abstand unter den Bürsten durchgefahren. D. h. der Abstand zwischen Bürste und Werkstück wird numerisch gesteuert, ebenso wie

Eine vollautomatische und hochflexible Produktionsanlage ermöglicht in Reinraumumgebungen die Feinstreinigung und Aktivierung von Kunststoffoberflächen durch atmosphärisches Plasma. Die Kunststoffoberflächen werden nachfolgend mit klarem Speziallack beschichtet und durch Aushärten unter UV-Licht kratzfest gemacht.



Eingesetzte Beckhoff-Technik

Steuerung

- | Panel-PC CP7201
- | TwinCAT NC PTP
 - HMI-Anbindung via ADS OCX
 - Drucker-Anbindung über Ethernet

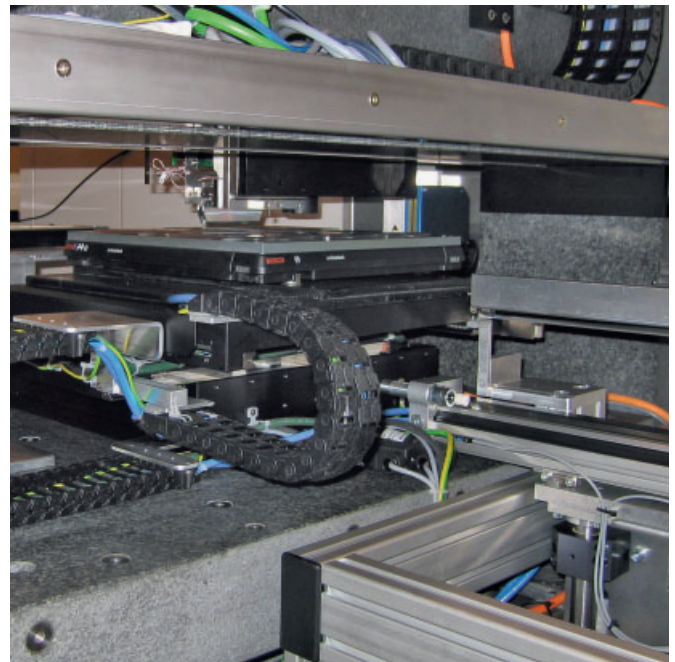
I/O

- | Busklemmen mit Profibus-DP-Buskoppler
 - Integration der Schrittmotoren über Busklemme KL2541
 - Integration des RFID-Lesers über Busklemme KL6201

Motion

- | Servoregler AX2500 mit Ethernet-Interface
- | Servomotoren der AM3xxx-Serie

Der Werkstückträger (Bildmitte) befindet sich unmittelbar unter dem Druckerkopf. Der Druckvorgang ist unabhängig von der TwinCAT-Anwendung, wird aber durch das Beckhoff-System koordiniert.



die Geschwindigkeit der Werkstückträger. Anschließend wird der Werkstückträger mit ionisierter Luft abgeblasen und zur Oberflächenaktivierung unter den stationären Plasmakopf gefahren. Zur gleichmäßigen Oberflächenvorbehandlung im atmosphärischen Plasma muss der Werkstückträger in den Richtungen x, y und z bewegt werden. Hierzu kommentiert Eberhard Vaas: „Der Kopf steht fest, und TwinCAT bewegt das Werkstück. Diese Vorbehandlung ist eine Servoanwendung, die über die Beckhoff-Steuerungstechnik realisiert wurde. Hiermit kann jede beliebige Position unter dem Plasmakopf rezeptgesteuert und reproduzierbar angefahren werden“

Das Steuerungsprinzip bei der Plasmabehandlung erläutert Peter Wasgien folgendermaßen: „Es handelt sich um eine Reinraumanwendung, und wir haben dabei ungern bewegte Teile über dem Werkstückträger. Die Plasmazuleitung wurde deshalb starr ausgeführt.“

Sowohl der Inkjet-Druckkopf als auch der darunter angebrachte Kreuztisch, auf dem sich der von einem pneumatisch betätigten Gabelhubsystem aufgesetzte Werkstückträger befindet, werden – mitsamt dem Kamerasystem – von einer eigenen Steuerung kontrolliert. Diese Linux-Steuerung erhält von TwinCAT – direkt über Ethernet – die Information, welche der hinterlegten Rezepturen für die zu lackierenden Kunststoffteile anzuwenden ist.

Regelungstechnik und Schrittmotorantriebe

Das verbindende Element der Gesamtanlage ist das umlaufende Transportsystem. In einem Freilauf befinden sich die leeren Werkstückträger. Von hier werden sie in die manuellen Bestückstationen übernommen und mit Kunststoffteilen belegt. Anschließend gelangen sie in den Hauptkreis, wo sie zunächst zur Vorbehandlungsstation und danach in die Lackierstation transportiert werden. Nach dem Aufbringen des transparenten Schutzlacks werden die Werkstückträger in eine IR-Wärmestufe gefahren, wo eine definierte Vortrocknung mittels IR-Wärmequellen erfolgt. Daran schließt sich der Transport in die UV-Aushärtestation an. Daran schließt sich ein zweiter Freilauf für die Entnahme und Kontrolle der fertig beschichteten Teile an.

Der Trocknungsprozess hat seine eigenen steuerungstechnischen Highlights. Wie Eberhard Vaas berichtet, beginnen diese bereits mit der Infrarotkopplung. „Die erforderliche IR-Leistung zur Erwärmung wird geregelt, indem der relative Leistungswert der IR-Quellen vorgegeben wird: Er kann z. B. 25 % der zur Verfügung stehenden Leistung betragen. Des Weiteren wird die Dauer der Leistungseinbringung gesteuert. Danach wird die IR-Leistung hochgefahren. Dieser Prozess kann, abhängig von den Kunststoffteilen, variiert werden.“ Wie Peter Wasgien anmerkt, ist die Infrarotstation erforderlich, um den Verlauf des Lacks zu optimieren.

In der Aushärtestation wird die Oberfläche mit senkrecht von oben strahlendem UV-Licht ausgehärtet. „Hierbei gilt Ähnliches wie beim Trocknungsprozess“, sagt Peter Wasgien: „Wir können die Brennerleistung durch Aufruf der hinterlegten Rezepte genau vorgeben. Beispielsweise kann für ein bestimmtes Produkt 75 % der UV-Brennerleistung gefordert sein und eine definierte Geschwindigkeit, mit der sich der Werkstückträger unter den UV-Brennern hindurch bewegt.“

Da jedoch einige dieser Kunststoffteile seitliche Rand- bzw. Stegflächen haben, deren Lackauftrag durch das senkrechte UV-Licht nicht ausgehärtet wird, ist eine besondere Randschichthärtung erforderlich. „Die Randhärtung ist eine Sonderlösung, die wir nachgerüstet haben“, erklärt Eberhard Vaas. „Damit das UV-Licht auch auf die seitlichen Randflächen trifft, müssen die UV-Quellen um einen definierten Winkel verstellt werden. Dabei rotieren die Werkstückträger unter der schräg gestellten UV-Lichtquelle, sodass sämtliche Randflächen rundherum gleichmäßig ausgehärtet werden. Die Schrägstellung

der UV-Lampe erfolgt über zwei Beckhoff-Schrittmotoren, die direkt über die zugehörige Beckhoff Busklemme angesteuert werden.“

Qualitätskontrolle im Steuerungsverbund

Nach dem Aushärten werden die Werkstückträger zur Oberflächeninspektion in eine mit mehreren Kamerasystemen und Lichtsensoren bestückte Zelle transportiert. Die Kameras beobachten die von den Lichtsensoren nach dem Triangulationsprinzip auf die Oberflächen projizierten Streifenmuster. Diese werden von einem separaten Rechner mit den hinterlegten Werten der Objektoberflächen verglichen. Ein nachgeordneter SCARA-Roboter entnimmt aussortierte Teile. Der Zellenrechner sowie die Robotersteuerung kommunizieren mit TwinCAT, wobei TwinCAT die Synchronisation des Prüfablaufs steuert.

Nach der Oberflächeninspektion bzw. der Sortierung durch die Roboterzelle werden die Werkstückträger zur manuellen Entnahmestation transportiert. Dort werden die fertigen Kunststoffteile entnommen, hierbei ggf. einer abschließenden Sichtprüfung unterzogen und in entsprechende Behältnisse gepackt. Die entleerten Werkstückträger werden in den freien Umlauf gebracht und bei Bedarf wieder in den zuvor beschriebenen Prozessablauf eingebunden.

PC-Steuerung übernimmt Automatisierungs- und IT-Aufgaben

In die TwinCAT-Anwendung eingebunden ist nicht nur der beschriebene Prozessablauf, sondern die gesamte Klimaregelung der Reinräume mit den Reinraumklassen 10000 bzw. 1000.

Eine besondere Herausforderung stellt der Mischbetrieb mit unterschiedlichen Kunststoffteilen dar. Hierzu werden sämtliche Werkstückträger mit RFID-Trans-

Bild der Infrarot-Heizstation





In einer gekapselten Station werden die Kunststoffoberflächen durch von oben strahlendes UV-Licht ausgehärtet.

pondern ausgerüstet und über 16 in der Anlage montierte Lesegeräte identifiziert. Die Lesegeräte sind per AS-Interface, eingebunden über das Busklemmensystem, mit TwinCAT gekoppelt und liefern die Informationen, welcher Werkstückträger sich an welcher Stelle im Prozessablauf befindet. Somit weiß TwinCAT ständig darüber Bescheid, welcher Werkstückträger sich wo und mit welcher Beladung in der Anlage befindet und kann die entsprechenden Bearbeitungsrezepte auswählen. Der Bediener an der Beschickungsstation meldet wiederum, welche Kunststoffteile auf den Werkstückträger aufgelegt wurden. Zurzeit werden etwa zehn unterschiedliche Teile in der Anlage gleichzeitig bearbeitet. Die durchschnittlich bearbeitete Stückzahl beträgt etwa 3.000 Teile pro Schicht.

Alleine dieser Zusammenhang verdeutlicht, dass eine konventionelle Hardware-SPS an der Komplexität der Steuerungsaufgabe scheitern würde. Die Identifikation der Werkstückträger, deren Einbringung in den Prozesskreislauf sowie die Verwaltung und Zuordnung der anzuwendenden Rezepturen, von der Vorbehandlung über den Auftrag der transparenten Lackschicht bis hin zur Erwärmung und Aushärtung, ist vom Datenhandling her eigentlich eine klassische MES-Anwendung, die TwinCAT problemlos meistert.

Raum-Control im Systemverbund

Eine weitere komplexe Aufgabe für TwinCAT stellt die Klimaregelung dar. Die Bearbeitungsanlage selber ist eine komplette Kleinfabrik, eingebettet in einen Teilbereich der gesamten Fabrikanlage. Hierzu sagt Eberhard Vaas: „Die Anlage ist komplett gekapselt und besteht aus verschiedenen Räumen mit unterschiedlichen Nutzungszielen, darunter Personenschleusen und ein Vorbereitungsraum sowie diverse Reinraumbereiche, die entsprechend der je-

weiligen Aufgaben mit Luft versorgt werden. Klima- und regelungstechnisch werden alle Räume, wie die Vorreinigung, der Druckerraum, die Ablüftzone, die Infrarotzone usw. aus einem Klimagerät versorgt. Die Luft wird gefiltert und mit drei Klimakompressoren gekühlt, dann wieder beheizt, in Bewegung versetzt, wieder gefiltert und dann noch befeuchtet.“ Hierzu sind entsprechende Temperatur-, Luftdruck- und Feuchtesensoren an die Beckhoff Busklemmen angeschlossen. Die Klimaanlage ist analog stellbar, d. h. die Leistung der Klimakompressoren wird analog vorgegeben. Die Analogwerte sind 4 bis 20 mA sowie 0 bis 10 V; beide Signalarten werden genutzt. Des Weiteren sind auf der Eingangsseite PT100-Eingänge zur Temperaturerfassung vorhanden. Da auch Vakuumsysteme in der Anlage eingesetzt werden, sind hierzu ebenfalls Drucksensoren eingebunden. „Wir haben im Produktionsbereich eine Vollklimatisierung“, erläutert Peter Wasgien: „Wir können be- und entfuchten, heizen und kühlen, so dass wir das ganze Jahr über konstante Temperaturen und konstante Luftfeuchtigkeit fahren. Das gesamte Steuerungskonzept führt TwinCAT aus.“ Der Klimatisierung wird auch dokumentiert. Dazu berichtet Eberhard Vaas: „Wir stellen den Temperaturverlauf grafisch dar. Dazu gehören auch der Verlauf der Temperatur außerhalb des Produktionsbereiches sowie die Luftfeuchtigkeit. Sämtliche Klimawerte und alle weiteren anfallenden Daten werden in Form eines Logbuchs mit Zeit- und Datumstempel gespeichert, so dass man sie jederzeit nachträglich der jeweiligen, bearbeiteten Charge zuordnen kann.“