

# Den Fehler im Visier: Qualitätssicherung von Folien

Folieninspektion mit Vacuum CIS und Densitometer von Tichawa Vision



**Bild 1: Hologrammstreifen, abgebildet mit einem CIS. Alle Bildelemente sind klar dargestellt (Alle Bilder: Tichawa Vision GmbH)**

Kunststofffolien müssen bei der Herstellung höchsten Qualitätsansprüchen genügen. Zu den wichtigsten Merkmalen zählen eine durchgängig homogene Oberflächenbeschaffenheit und Dicke. Kleinste Abweichungen oder Fehler führen zu Ausschuss oder späteren Reklamationen. Um Risse, Löcher, Einschlüsse oder Dünnstellen zuverlässig zu erkennen, bietet Tichawa Vision hoch leistungsfähige Sensoren zur 100 Prozent sicheren Folieninspektion.

Kunststofffolien finden in vielen Industriebereichen Anwendung: Von Verpackungsfolien in der Lebensmittelbranche über Solar-, Batterie- und Displayfolien in der Elektronikindustrie bis hin zu Hologrammen. Außerdem kommen Folien bei der Herstellung von Kinegrammen, organischen Leuchtdioden (OLEDs) und Halbleitern sowie TFT-Displays zum Einsatz.

Folien werden in Endlosbahnen gefertigt, aufgerollt und im weiteren Verarbeitungsprozess in passende Stücke geschnitten. In diesen Fertigungsprozess integriert, erfolgt die Inline-Folieninspektion. Sie erkennt fehlerhafte Folien im laufenden Prozess und löst automatisch Prozesse zur Fehlerbehebung aus. Je nach

Folienart unterscheiden sich die Produktionsprozesse und damit die optischen Bildverarbeitungssysteme für die Qualitätskontrolle.

## CIS-Sensoren versus Zeilenkamera

Für die Inspektion von Kunststofffolien hat sich bereits seit längerem die Zeilenkamera durchgesetzt. Flächenkameras sind für die Inspektion von Endlosmaterialien wie Folie weniger geeignet. Neben den höheren Kosten lassen sich mit Flächenkamera-Systemen bestimmte typische Materialfehler bei der Folienproduktion nicht erkennen. Die Zeilenkamera arbeitet hier zuverlässig – vor allem bei schnell bewegten Objekten. Als besondere Form der Zeilenkamera eig-

nen sich vor allem Contact-Image Sensoren (CIS) zur Inline-Folieninspektion. Ein CIS ist ein kompaktes Zeilenkamerasystem zum direkten Anbau an das zu inspizierende Objekt – ähnlich einem Faxgerät oder Dokumentenscanner. Er besteht in der Regel aus Lesezeile, GRIN-Linsen-Array und Lichtquelle. Wesentlicher Unterschied zur Zeilenkamera ist die Breite des Sensors, die beim CIS so groß ist wie das Prüfobjekt selbst (bis zu vier Meter). Die Zeilenkamera hingegen hat einen kleinen, typischerweise zehn bis 50 Millimeter langen Sensor mit Pixeln von fünf bis 20 Mikrometern und eine verkleinernde Optik. Zudem ist die Zeilenkamera anfällig für kleinste Toleranzen und Vibrationen. Weitere Vorteile des

CIS sind der konstante Blickwinkel über die gesamte Lesebreite durch die 1:1-Optik, der geringe Abstand zum inspizierenden Objekt und eine deutlich schärfere und verzerrungsfreie Abbildung. Zudem lassen sich die Contact-Image-Sensoren einfach montieren und justieren.

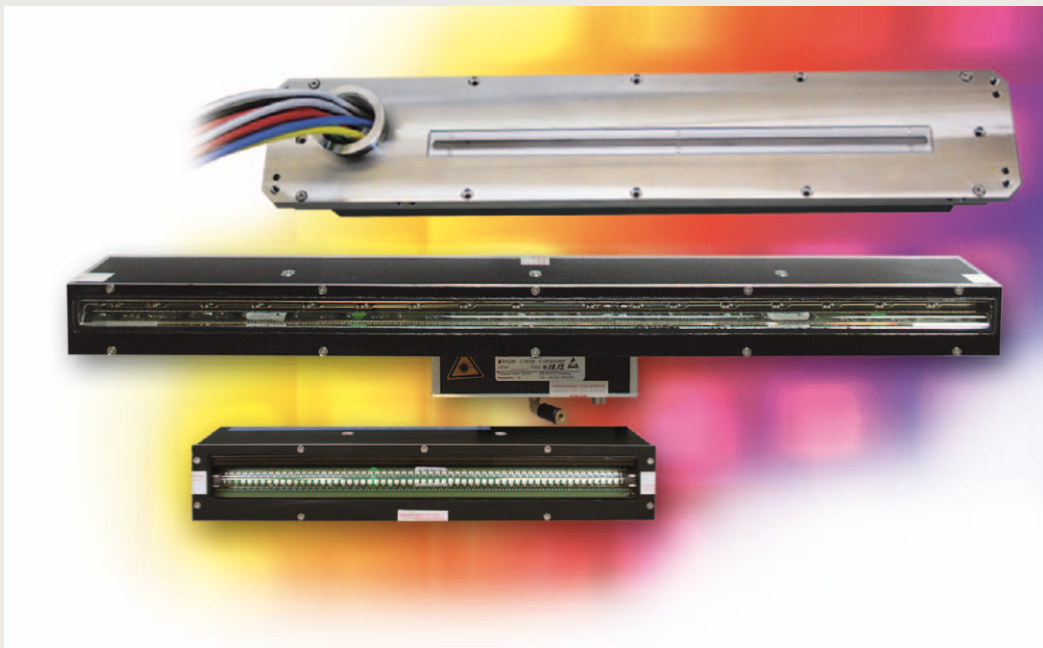
Das CIS-System bildet die Folien mit Hilfe eines Linsenarrays (GRIN-Linsen) im Durchlicht 1:1 ab. Die Pixelgröße reicht von 11 bis zu 127 Mikrometer. Bedingt durch die 1:1-Abbildung bestimmt die Breite des zu inspizierenden Objekts die Länge des Sensors. Die Skalierbarkeit der CIS steht deshalb an erster Stelle. Je nach Bedarf des Kunden werden entsprechend viele Sensor- und Beleuchtungselemente aneinandergereiht. Die optischen Komponenten (Linsenarray, Zylinderlinsen) werden ebenfalls der entsprechenden Länge angepasst. Die Kamera-Software ist auf die benötigte Länge, Auflösung und Geschwindigkeit konfigurierbar.

## Mit oder ohne Beschichtung

Für bestimmte Anwendungsgebiete müssen die Kunststofffolien oft auch mehrstufig beschichtet



**Bild 2: Hologrammstreifen, abgebildet mit einem Zeilenkamerasystem. Hier kommt es zu Verzerrungen, verursacht durch sich ändernde Blickwinkel der Linse**



**Bild 3: Der Vakuum CIS ist optional mit einer Zeilenbreite von 260 bis maximal 2.080 Millimeter und einer Auflösung zwischen 400 und 2.400 dpi verfügbar**

sein, damit sie den gewünschten Nutzen bringen. Viele andere Einsatzzwecke erfordern keine zusätzliche Beschichtung. Für die Inspektion von unbeschichteten Folien sind die CIS-Sensoren von Tichawa Vision eine gute Wahl. Die hochleistungsfähigen optischen Bildverarbeitungssensoren prüfen das auf Rollen befindliche Folienmaterial im Produktionsprozess auf Fehlstellen wie Löcher, Risse, Dünnstellen, Einschlüsse oder Tröpfchen. „Das System erkennt sofort und automatisch fehlerhafte Folienabschnitte und markiert die Bereiche“, erläutert Dr. Nikolaus Tichawa, Geschäftsführer der Tichawa Vision GmbH.

Integraler Bestandteil des CIS-Messsystems ist das Verwalten und Auswerten der erzeugten Bilddaten. Die speziell für die Prüfanlage entwickelte und auf den jeweiligen Anwender angepasste Software gestattet die Auswertung nach genau festgelegten Parametern. Die Software gibt Trends und Statistiken aus, die tabellarisch sowie in grafischer Darstellung angezeigt werden können. Alle ermittelten Daten lassen sich direkt für das Reporting nutzen und an übergeordnete Systeme weiterleiten.

## Beschichtung erfordert Vakuum

Anders verhält es sich bei Kunststofffolien, die mit Metall oder Keramik beschichtet sind. Beispielsweise Chipstüten: Ohne Metallbeschichtung würde Feuchtigkeit in die Tüte dringen, wodurch die Chips ihre Knackigkeit verlieren. Das Aufdampfen der Beschichtung funktioniert allerdings nur im Vakuum. Zur Folieninspektion sind deshalb vakuumtaugliche CIS notwendig.

Die vakuumtauglichen Contact-Image-Sensoren von Tichawa beispielsweise eignen sich aufgrund des rostfreien Edelstahlgehäuses mit optionalen Kunststofffenstern (Makrolon oder LEXAN) besonders für die Folieninspektion in der Lebensmittelbranche. Mit dem Edelstahlgehäuse hält der Vakuum-CIS den rauen Umgebungsbedingungen in der Lebensmittelindustrie mit hoher Kälte, Hitze, Feuchte und aggressiven Substanzen stand. Der mit einem Einzel- oder Doppelzeilen-sensor ausgestattete Vakuum-CIS kann sowohl für Anwendungen im Vakuum als auch unter atmosphärischen Bedingungen eingesetzt werden. Er ist optional mit einer Zeilenbreite von 260 bis maximal

2.080 Millimeter und einer Auflösung zwischen 400 und 2.400 dpi verfügbar.

## Auf die richtige Schichtdicke kommt es an

Neben der Oberflächeninspektion spielt bei beschichteten Folien eine Überprüfung der Schichtdicke eine zentrale Rolle. Zu diesem Zweck ist die Prüfanlage außer mit einem CIS-System zusätzlich mit einem Densitometer (= Dichtemessgerät) ausgestattet. Es prüft, ob die Beschichtung der Folien einheitlich dick ist. Für diesen Einsatzzweck bietet Tichawa Vision kombinierte Prüfsensoren mit zwei nebeneinander liegenden Lesezeilen. Eine Seite ist mit einem Densitometer mit einer Auflösung von 20 bis 25 dpi bestückt, die andere mit einem CIS. „Wir bauen unsere Anlagen auf Basis eines einheitlichen Technologiekonzepts, welches auf Standardmodulen aus eigener Entwicklung und Herstellung beruht. Deshalb können wir alle Prüfanlagen in hohem Maße kundenspezifisch anpassen“, so Dr. Nikolaus Tichawa. Abhängig vom Einsatzzweck passt Tichawa die Breite des Densitometers bis zu zwei Metern an.

Die Schichtdicken der Folien, die das Tichawa-Densitometer bis  $>3$  OD (= Optische Dichte, Maß für die Abschwächung einer Strahlung nach Durchqueren eines Mediums) inspizieren kann, liegen zwischen zehn und 50 bis 60 Mikrometer. In diesen Schichtdicken ist Metall in geringem Maße lichtdurchlässig. Diese Eigenschaft nutzen Densitometer. Über die Lichtdurchlässigkeit messen sie die Schichtdicke. Die Auswertung der Helligkeitsdifferenz zwischen Referenz- und produzierter Folie ermöglicht die Erkennung von Dichte- und Schichtdickenabweichungen. Im Einrichtungsmodus messen die Qualitätsprüfer die Anlage anhand einer Referenzfolie ein und bestimmen die Qualitätskriterien durch die Eingabe von Kontrastschwelen und Fehlergrößen.

## Gemeinsam stark

Die kombinierte Sensoranlage ist beim Folienproduzenten in der Vakuumkammer eingebaut. Nach dem Einsetzen der zu beschichtenden Folienrolle wird die Luft aus der Vakuumkammer gepumpt. Das dauert wenige Minuten. Dann beginnt der Beschichtungsprozess. Die Folie wird bedampft, abgekühlt und wieder aufgerollt. Dazwischen sitzt der kombinierte Industriescanner. Die Folie läuft zwischen Sensor und Lichtquelle durch. Auf der einen Seite wird beleuchtet, auf der anderen gemessen, wie viel Licht durch die Schicht dringt. Am Ende des Prozesses belüften die Maschinenbetreiber die Kammer und entnehmen die Folie. Nach dem Säubern der Düsen und Einsetzen einer neuen Folienrolle beginnt der Prozess wieder von vorne.

Parallel dazu läuft die Qualitätskontrolle. Die Ergebnisse der Schichtdicken-Messung werden grafisch oder tabellarisch dargestellt. Anhand der Daten kann der Mitarbeiter an der Beschichtungsmaschine schnell erkennen, ob die Vorgaben eingehalten wurden. Liegt ein Wert außerhalb des Toleranzbereichs, beispielsweise



**Bild 4: Eingespannt zwischen Sensor und Lichtquelle überprüft der Tichawa CIS die Folie auf Risse, Löcher, Einschlüsse oder Dünnstellen**

außerhalb des Bereichs 1,8 bis 2,1 OD, ist eine Nachregelung des vorgelagerten Bearbeitungsprozess direkt und schnell möglich. Der Mitarbeiter kann die Quellen nachstellen und mehr Beschichtung auftragen lassen.

### Hologrammfolien – komplex in der Herstellung

Etwas komplexer gestaltet sich die Inspektion von Hologrammfolien. Hologramme steigern die Attraktivität eines Erzeugnisses, veredeln das Produkt, schützen es oder machen es fälschungssicher, unter anderem bei Eintrittskarten, Geldscheinen, Zertifikaten, Vignetten oder Verpackungen. Neben Karton und Papier lassen sich auch andere Materialien mit der Hologrammfolie ausstatten, zum Beispiel Chipkarten wie der EU-Führerschein, die Gesundheitskarte oder auch Vignetten.

### Inspektion von Hologrammfolien – eine Herausforderung

Bei der Serienfertigung von Hologrammen gibt es zwei Herausforderungen. Zum einen erlaubt die begrenzte Auflösung der am Markt verfügbaren Schichtdickenmessgeräte keine ausreichende Qualitätssicherung am Frontend. Zum anderen ist am Backend die Inspektion der fertigen Hologramme durch den

sich ändernden Betrachtungswinkel mit herkömmlichen Kameras nicht möglich. Tichawa Vision hat nach eigenen Angaben als erster Anbieter Systeme entwickelt, die diese beiden Anforderungen erfüllen.

Bei der Fertigung von Hologramm-Verpackungen geht es im ersten Schritt, am Frontend, darum, die Schichtdicke des aufgetragenen Metallfilms zu prüfen. Gegebenenfalls muss der CVD-(Chemical Vapor Deposition) oder PVD-(Physical Vapor Deposition)-Prozess zur Aufbringung der Schicht immer wieder manuell oder automatisch neu geregelt werden, um das optimale Ergebnis zu bekommen. Mit konventionellen Schichtdickenmessgeräten ist dies im Vakuum nach dem heutigem Stand der Technik zwar möglich, eine vernünftige Qualitätssicherung erlaubt deren begrenzte Auflösung mit wenigen, unter zehn liegenden Messpunkten jedoch nicht.

### Lotrechte Betrachtung durch CIS-Sensoren

Die ortsauflösenden Schichtdickensensoren eignen sich sowohl unter Luft, bei niedrigem Druck als auch im Vakuum für Dichtemessungen im Bereich von 0 bis 3,0 OD. Sie bieten 1000 Pixel pro Meter Lesebreite für eine Ortsauflösung von 1.016 mm und Transportgeschwindigkeiten von

bis zu 1200 m/min. Die im Lieferumfang inbegriffene Auswertungssoftware ermöglicht die Visualisierung und Inspektion in Echtzeit. Zusätzlich kann eine höher auflösende Sensorzeile sogenannte Pinholes erkennen.

Die Inspektion der fertigen Hologramme am Backend ist mit herkömmlichen Kameras durch den sich ändernden Betrachtungswinkel hervorgerufen durch das Objektiv nicht möglich. Die Änderung des Blickwinkels vom linken Rand mit typisch minus 45 bis 60 Grad über die Bahnmitte mit 0 Grad bis zum rechten Rand mit ebenfalls 45 bis 60 Grad führt zu ganz erheblichen Unterschieden beim Kontrast der einzelnen Hologramme. Eine Prüfung ist nicht mehr möglich. Die CIS-Sensoren ermöglichen die lotrechte Betrachtung unverändert über die gesamte Bahnbreite. Nachfolgende Bilder verdeutlichen die ganz erhebliche Verbesserung eines CIS-Systems gegenüber einer Zeilenkamera.

### Detektion von Kinegrammen

Schließlich ist mit den Sensoren auch die Qualitätskontrolle von Kinegrammen möglich. Kinegramme enthalten zwei Bilder, von denen der Betrachter abhängig vom Betrachtungswinkel immer nur eines erkennen kann. Ändert sich der Blick-



**Bild 5: Dr. Nikolaus Tichawa, Geschäftsführer der Tichawa Vision GmbH**

winkel, kann das Bild gegen das andere wechseln. Kinegramme sind beispielsweise als lichtbeugende Folien auf den 5-, 10- und 20-Euro-Noten angebracht und dienen zum Schutz gegen Fälschungen. Neben Banknoten machen die Kinegramme auch Metallbarren, Reisepässe, Visa- und Identitätskarten fälschungssicher. Das Kinegramm ist eine Spezialform des Hologramms. Anders aber als beim Hologramm, das dreidimensionale Elemente besitzt, stellen die meist silbrig glänzenden Kinegramme einen zweidimensionalen Bewegungsablauf dar.

### Fazit

Die digitale Bildverarbeitung ist bei der Qualitätssicherung in der Folienproduktion unverzichtbar. Die Vorteile liegen vor allem in der lückenlosen Inspektion der Folienqualität. Treten Fehler auf, können die Mitarbeiter unmittelbar reagieren. Produktionsstörungen, Fehlauslieferungen und Reklamationen lassen sich dadurch vermeiden. Schließlich bieten die Inspektionssysteme mit ihren Fehlerklassifikationstools die Möglichkeit, den Produktionsprozess zu analysieren und zu optimieren.

► Tichawa Vision GmbH  
www.tichawa.de