



Messspitze der Extrudersonde
mit Saphirlinse

Inline-Farbmessung direkt in der Schmelze

Prozesskontrolle. Farbton differenzen sind das Ergebnis einer Änderung der Prozessparameter, des Materials oder der Materialzuführung. Die kontinuierliche Inline-Farbmessung direkt in der Schmelze am Extruderausgang bietet die Möglichkeit, den Gesamtprozess lückenlos zu kontrollieren und bei Abweichungen sofort in den laufenden Prozess einzugreifen.

FUAT EKER

Die Farbmessung ist eine Methode zur Überprüfung der Farbqualität. Die Messung erfolgt in der Regel am fertigen Endprodukt mittels manuell entnommener Proben direkt aus der Produktion oder durch automatisierte Messverfahren.

Es werden mehrere Arten der Farbmessung unterschieden. Bei der Offline-Methode liegen die Messergebnisse erst nach Stunden vor, weshalb sich diese Methode schlecht für einen Prozesseingriff eignet. Die Online-Messmethode liefert die Messergebnisse für das fertige Produkt bereits nach einigen Sekunden, jedoch sehr viel später im weiteren Prozessverlauf. Dadurch eignet sich die Online-Methode nur bedingt für einen möglichst rechtzeitigen Eingriff in den Prozess. Bei einer Inline-Messung liegen die Ergebnisse nach Sekunden vor. Da die Messung direkt in der Schmelze am Extruderausgang vorgenommen wird, eignet sich diese Methode sehr gut für eine sofortige Anpassung des Prozesses [1].

**Unterschiedliche
Farbmessmethoden**

In der Industrie wird sehr häufig die Offline-Farbmessung eingesetzt. Bei dieser Messmethode sind folgende Schritte notwendig:

- Probenentnahme aus dem Herstellungsprozess,
- Transport der Probe zum Labor,
- Umformung des Probenmaterials in eine messbare Form (z.B. Farbplättchen, Folie),
- Herunterkühlen der Probe auf Raumtemperatur,
- Messung mittels Spektralphotometer,
- Meldung der Messergebnisse an die Produktion,
- Entscheidung über eventuelle Prozessänderung und
- ggf. Wiederholung des Vorgangs für eine weitere Einzelmessung.

Anhand der Arbeitsschritte wird deutlich, dass von der manuellen Probenentnahme bis zur Meldung der Messergebnisse an die Produktion mehrere Stunden vergehen können. Ein weiterer Nachteil ist, dass in dieser Zeit lediglich ein Messpunkt ermittelt wird. Wie die Farbqualität vor diesem Messpunkt war, bzw. später sein wird, ist unklar. Farbabweichungen können durch einmalige Ereignisse jedoch

abrupt auftreten oder sich, wie in den meisten Fällen, schleichend entwickeln. Effekte dieser Art bleiben bei der Offline-Messmethode unberücksichtigt.

Online-Messsysteme erlauben die Messung der Farbqualität z. B. an Folienbahnen oder halbfertigen Produkten in den Zwischenschritten der Produktion. Sie dienen der kontinuierlichen Aufnahme des Ist-Zustands bereits fertiger Produkte. Alle im Vor-Prozess aufgetretenen Probleme, die zu Farbabweichungen führen, werden hier lediglich dokumentiert. Diese Methode ist wegen des zeitlichen Versatzes zum Vor-Prozess nicht gut geeignet, eine nutzbare Rückinformation für eine echte Prozesskontrolle zu liefern.

Mit der Inline-Farbmessung direkt in der Schmelze am Extruderausgang ist nicht nur eine lückenlose Dokumentation möglich, sondern es besteht bei Farbabweichungen

i	Hersteller
<p>Pausch Messtechnik GmbH Nordstraße 53 D-42781 Haan Tel. +49 2129 9396-0 Fax +49 2129 9396-10 www.pausch.com</p>	

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
 Dokumenten-Nummer KU110032



Bild 1. Die Extrudersonde (links) wird seitlich am Extruderausgang eingeschraubt



Bild 2. Die Spitze der Messsonde ragt in den Extruder hinein, um die Linse mit Schmelze zu bedecken



Bild 3. Die Nema 4 Box mit Touchscreen beinhaltet die gesamte Messtechnik

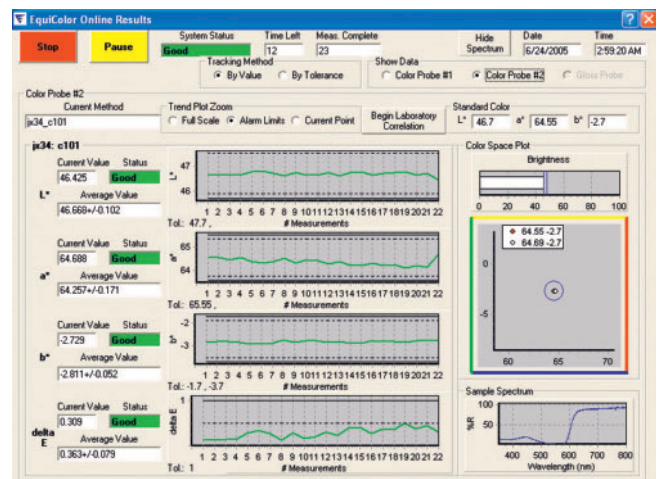


Bild 4. Mit der Software EquiColor werden die Trenddiagramme erstellt

weichungen die Möglichkeit, sofort in den Extrudierprozess einzugreifen. Bei der direkten Inline-Farbmessung entfallen die ersten sechs Schritte der Offline-Methode und der zeitliche Versatz der Online-Methode. Die Farbmessung direkt beim Extrudiervorgang liefert, zum frühest möglichen Zeitpunkt in der Produktionskette, innerhalb weniger Sekunden die entscheidenden Prozessinformationen.

Technik der Inline-Messung

Für die Aufnahme der Farbmesswerte wird die Messsonde (Titelbild) am Extruderausgang in eine Gewindebohrung eingeschraubt (Bild 1). Die sogenannte Extrudersonde besteht aus einer Hülse mit einem robusten Kopf, in der eine Saphirlinse eingefasst ist. Als zweithärtestes Material nach Diamant ist Saphir sehr gut geeignet für den Einsatz im Extrudierprozess mit Beanspruchungen wie hohe Temperatur und Druck sowie Reibung durch permanent fließendes Material.

Die Sonde wird so im Extrudergehäuse platziert, dass sie keine beweglichen Teile wie beispielsweise die Schneckenelemente berührt (Bild 2). Jedoch muss die Schmelze beim Fließvorgang die Saphirlinse bedecken. Die Saphirlinse ist selbstreinigend, sodass kein Material an ihr haften bleibt.

Die über die Linse fließende Schmelze wird durch eine Xenon-Blitzlampe beleuchtet. Dafür wird das Licht über sechs kreisförmig angeordnete, flexible Glasfaserleitungen zur Saphirlinse transportiert. Über eine mittig positionierte Glasfaser wird das reflektierte Licht zum Spektralphotometer zurückgeführt. Dieser Vorgang wird alle zehn Sekunden wiederholt und so eine kontinuierliche Farbmessung durchgeführt.

Kalibrierung und Aufbau

Durch die spezielle Konstruktion der Extrudersonde erfolgt die Kalibrierung des Spektralphotometers ohne Produktions-

unterbrechung. Dazu wird die Optiklinse aus der Sondenhülse herausgeschraubt und gegen Schwarz- und Weißstandard kalibriert. Zur Überprüfung der Kalibriergültigkeit wird ein grüner Kontrollstandard eingesetzt. Die Kalibrierung ist abhängig von den Umgebungsbedingungen. Das System kann bis zu einer erneuten Kalibrierung die Stabilität bis zu drei Monate halten.

Die eigentliche Farbmessung erfolgt in einem Spektralphotometer mit CCD-Technologie. Das eingesetzte Spektralphotometer deckt den Wellenbereich zwischen 360 und 780 nm ab, also auch den sichtbaren Bereich des Spektrums. Durch die Kombination eines Monochromators mit der CCD-Technik ist die Auflösung feiner als bei den üblichen Farbmessgeräten.

Die gesamte Technik, d.h. Spektralphotometer, Xenon-Blitzlampe, Steuerung, ein vollwertiger PC mit Windows XP als Betriebssystem sowie ein Touchscreen, sind in einer sogenannten Nema

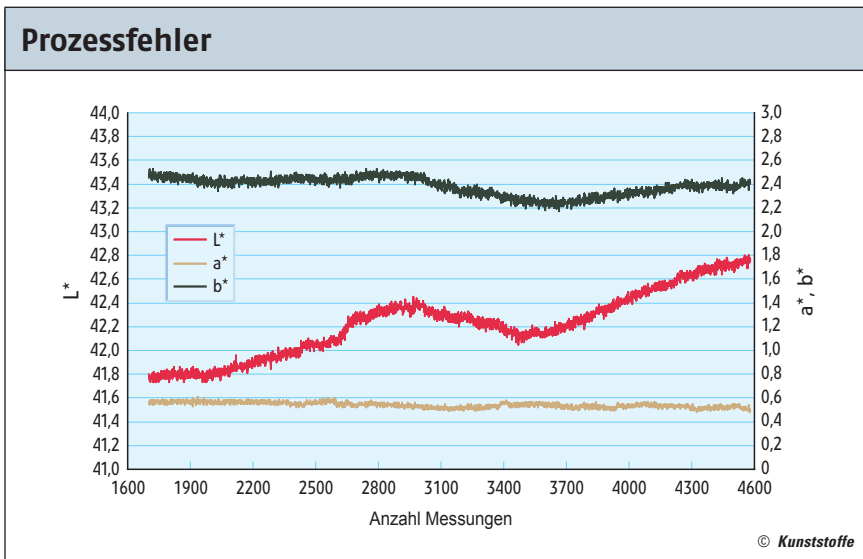


Bild 5. Wegen der zu hohen Titandioxid-Dosierung steigt der Helligkeitswert L* bei gleichbleibendem Farbtontrend (a*, b*) an

4 Box untergebracht (Bild 3). Diese Box besteht aus Edelstahl und ist für den Einsatz in Industrieumgebungen konzipiert und gegen Staub und Spritzwasser geschützt. Die eingebaute Klimatisierung sorgt für stabile Verhältnisse, auch in Produktionsumgebungen mit stark schwankenden Temperaturen.

Auswerten der Messung

Die Darstellung der Messergebnisse erfolgt als Trenddiagramm (Bild 4). Dabei werden die gemessenen Farbwerte in Differenz zum Standardfarbton als Ampeldarstellung angezeigt. Der aktuell gemessene Wert wird als Zahlenwert separat neben dem Trenddiagramm angegeben. Ein gemessener Farbwert innerhalb der Toleranz wird grün dargestellt. Bei einer Darstellung in gelb ist die Warngrenze der erlaubten Toleranz erreicht. Wird die erlaubte Toleranz überschritten ändert sich die Farbe von gelb zu rot. Diese eindeutigen Signale können nicht nur am Bildschirm angezeigt werden, sondern auch über Signallampen der entsprechenden Farbe.

In der Bildschirmdarstellung stehen vier frei wählbare Trenddiagramme zur Auswahl, z. B. für dL^* , da^* , db^* und dE^* . Alle in der Industrie gängigen Farbskalen, Weiß- und Gelbgradformeln stehen mit den bekannten Lichtarten (für 2° und 10° Normalbeobachter) zur Verfügung.

Prozesskontrolle

Der Extrudierprozess ist ein sehr komplexer Vorgang mit vielen Einflussfaktoren auf das Endergebnis. Neben den Pro-

zessparametern wie Temperatur, Druck oder Durchsatzgeschwindigkeit hat auch der Extruder selbst, bzw. seine Komponenten, großen Einfluss auf das Ergebnis. Dazu kommen Unterschiede im eingesetzten Material, wie z. B. Rohstoffe aus unterschiedlichen Chargen oder unterschiedliche Mischungsverhältnisse.

Diese Einflussfaktoren haben, sowohl alleine als auch in Kombination, einen direkten Einfluss auf den Farbton des extrudierten Produkts. Durch die Farbmessung mit der Inline-Messmethode können daher auch Rückschlüsse auf veränderte Maschinen- oder Prozessparameter gezogen werden.

In der Praxis wurden Zusammenhänge zwischen den Farbwerten und Fehlerursachen deutlich. So kann beispielsweise eine zu hohe Dosierung von Titandioxid über den Helligkeitswert L^* ermittelt werden (Bild 5). Schwankungen im Farbton können auf eine pulsierend arbeitende Pumpe oder auf das Absetzen von Pigmenten in Flüssigfarbstoffen zurückgeführt werden. Darüber hinaus können durch die Farbmessung auch Mischungsprobleme im Extruder, Probleme

bei der Homogenisierung oder Dosierung oder sonstige Schwankungen in der Prozessstabilität diagnostiziert werden.

Fazit

Der Farbton muss nicht unbedingt ein wichtiger Aspekt für das Endprodukt sein. Jedoch eignet sich die Farbmessung hervorragend für die stabile Prozessführung. Jegliche Instabilität im gesamten Produktionsprozess spiegelt sich in Farbunterschieden wider. Diese Abweichungen können durch entsprechende Eingriffe in den Produktionsprozess sofort eliminiert werden.

Die Inline-Farbmessung direkt in der Schmelze ist durch die kontinuierliche Aufzeichnung sehr gut geeignet, den gesamten Produktionsprozess zu analysieren und zu optimieren: Verhindern von Ausschuss, Vermeidung von Kontamination guter Ware, Minimierung von Fehlchargen, Optimierung von Rezepturen, Einsparung von Rohstoffen/Pigmenten, präziseres Dosieren, Einhalten von Produktionsvorgaben und dadurch Vermeidung von Retouren. Dies alles führt zu einer erheblichen Einsparung bei Rohstoff- und Produktionskosten. ■

LITERATUR

- 1 Kretschmer, K.; Hochrein, T.: In-line Messtechnik in der Compoundierung; Fachtagung „4. Würzburger Compoundiertage“; Würzburg, Juni 2008

DER AUTOR

DIPL.-ING. (FH) FUAT EKER, geb. 1965, ist seit 2006 bei der Pausch Messtechnik GmbH, Haan, tätig und dort verantwortlich für die Inline-Farbmessung und neue Technologien wie Wärmeleitfähigkeit und Bildverarbeitung; feker@pausch.com

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

In-line Color Measurement Directly in the Melt

PROCESS CONTROL. Color shade differences result from a change in the process parameters, the material, or the material feed. Continuous in-line color measurement directly in the melt, as it leaves the extruder, permits gap-free control of the process as a whole, with the possibility of immediate intervention in the running process in the event of deviations.

NOTE: You can read the complete article in our magazine *Kunststoffe international* and on our website by entering the document number **PE110032** at www.kunststoffe-international.com

Fachtagung

Kunststoffe Form- und Werkzeugbau

Themen der Tagung sind Spritzgusswerkzeugbau, Blasformwerkzeuge, Automatisierung, Simulation und Konstruktion und Werkzeugbaumanagement.

Leitung: Prof. Thomas Seul
23. und 24.06.2009 in Fellbach/Stuttgart
www.hanser.de/seminare