

Henning Katte, Erlangen

Objektive Messung von Restspannungen in Echtzeit

Mechanische Spannungen können die Bruchfestigkeit und Verarbeitbarkeit von Glasprodukten stark beeinträchtigen. Die produktionsnahe Prüfung auf Restspannungen ist daher ein wichtiger Bestandteil der Qualitätskontrolle. Die Neuentwicklungen StrainScope® und StrainCam® ermöglichen die objektive Messung von Eigenspannungen in Echtzeit in Form von Stichprobenprüfungen oder direkt im Produktionsprozess.

Jahrzehnte lang waren manuell zu bedienende Polariskope und Polarimeter die Standardmethode zur Bestimmung von Restspannungen in Glas, bei Flaschen z.B. gemäß ASTM C148. Polariskope machen Spannungen durch Falschfarben sichtbar, die visuell mit Referenzstandards (z.B. Strain Discs oder Verzögerungsskalen) verglichen werden, um die

Spannungen größenmäßig abzuschätzen. Diese Methode liefert allerdings eher qualitative als quantitative Ergebnisse und ist bei Farbgläsern nur eingeschränkt oder gar nicht anwendbar. Polarimeter hingegen ermöglichen eine quantitative Messung durch Bestimmung der spannungsinduzierten Polarisationsänderung mittels eines drehbaren Analysators.

Die mit manuell bedienten Polarimetern erzielten Messergebnisse sind jedoch stark vom jeweiligen Benutzer abhängig und damit subjektiv. Außerdem ist Farbglas schwer zu messen, da die Lichtmenge bei dunklen Gläsern für eine verlässliche Messung oft nicht ausreicht. Die Ergebnisse von statistischen Gage R&R-Tests zeigen daher, dass die mit manuell/visueller Messung erzielbare Reproduzierbarkeit nicht im akzeptablen Bereich liegt.

Automatische Messung

Die automatischen Polarimeter-Systeme der StrainMatic®-Serie (Bild 1)



Bild 1: StrainMatic® M2/250 Polarimeter-System zur automatischen und objektiven Messung von Restspannungen in Behälterglas. Bild: ilis

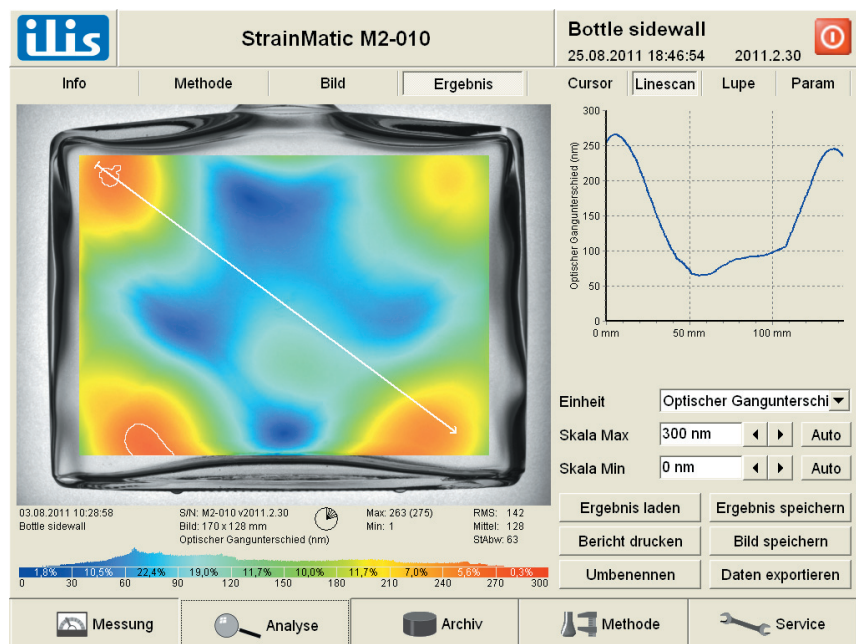


Bild 2: StrainMatic® Bedienoberfläche mit Messergebnis. Bild: ilis

wurden entwickelt, um den Bedienerinfluss auf das Messergebnis zu eliminieren und so verlässliche Messwerte zu erhalten. Die Messung und Auswertung der Restspannungen ist hier voll automatisiert, der Bediener wählt lediglich das passende Messprogramm (in dem Parameter wie die Artikelhöhe und der Bodendurchmesser festgelegt sind) und startet die Messung. Bild 2 zeigt exemplarisch das Messergebnis einer Flaschenwand in Falschfarbendarstellung (blau steht für kleine Werte, grün und gelb für mittlere und rot für hohe Werte). Die Bereiche mit der höchsten Restspannung werden automatisch ermittelt und mit hinterlegten Grenzwerten verglichen.

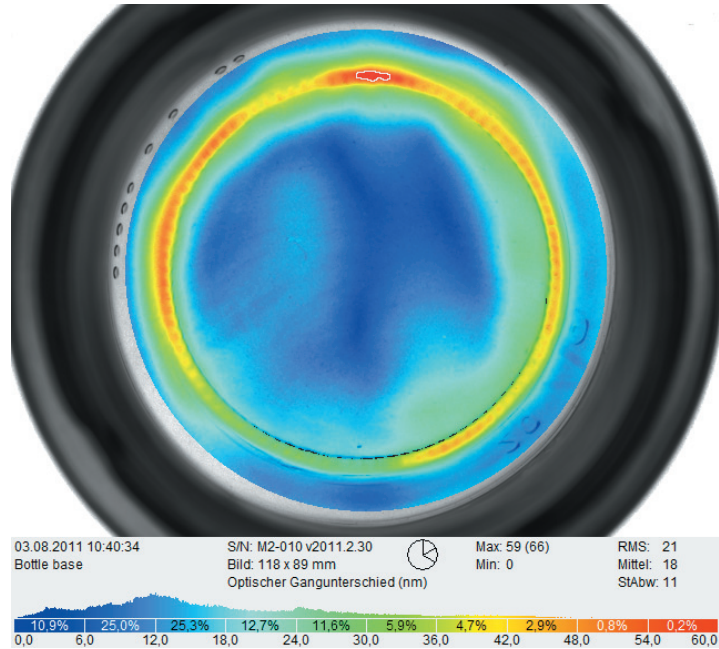


Bild 3: Verteilung der Restspannungen im Bodenbereich eines Behälterglases.

Bild: ilis

Im Fall von Behälterglas ist die Messung des Bodens in der Regel ausreichend, da hier die Restspannungen durch den Kontakt mit dem Transportband am kritischsten sind. Bild 3 zeigt ein typisches Messergebnis für den Boden eines Konservenglases. Aus historischen Gründen werden die Messwerte in der Einheit scheinbarer oder realer Tempergrad (gemäß ASTM C 148) angezeigt.

Die Reproduzierbarkeit der Messung liegt im Bereich von 1/10 Tempergrad, was z.B. eine Auswertung der Ergebnisse in Abhängigkeit von der Position auf dem Kühlband und der Formnummer ermöglicht. Die StrainMatic findet seit einigen Jahren in der Qualitätskontrolle und in der Kühlbahn-Optimierung Verwendung. In mehreren Projekten wurde gezeigt, dass der Energieverbrauch durch konsequente Optimierung der Kühllofeneinstellungen auf Basis genauer Spannungsmessung signifikant reduziert werden kann.

Messung in Echtzeit

Die Messdauer von ca. 20 Sekunden begrenzt den Probendurchsatz, so dass die Prüfung typischerweise in Form von Stichproben erfolgt. Um die Mes-

sung zu beschleunigen und die Messfrequenz zu erhöhen, wurde eine neue Produktlinie entwickelt. Das StrainScope® (Bild 5) misst und visualisiert Restspannungen in Glas in Echtzeit und ist flexibel überall dort einsetzbar, wo bisher konventionelle

Polariscope und Polarimeter verwendet werden. Im Gegensatz zu diesen liefert das StrainScope jedoch objektive und reproduzierbare Messwerte; der Einfluss von verschiedenen Bedienern auf das Messergebnis ist dadurch weitgehend eliminiert.

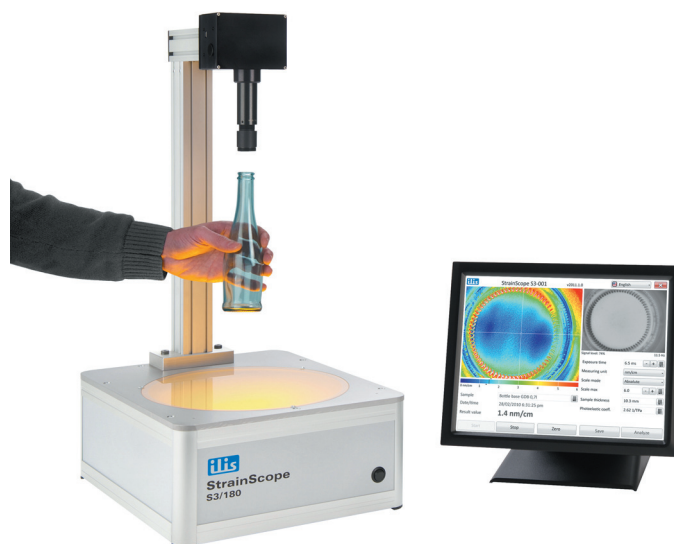


Bild 4: StrainScope® S3/180 Polarimeter-System zur automatischen Messung von Restspannungen in Echtzeit.

Bild: ilis

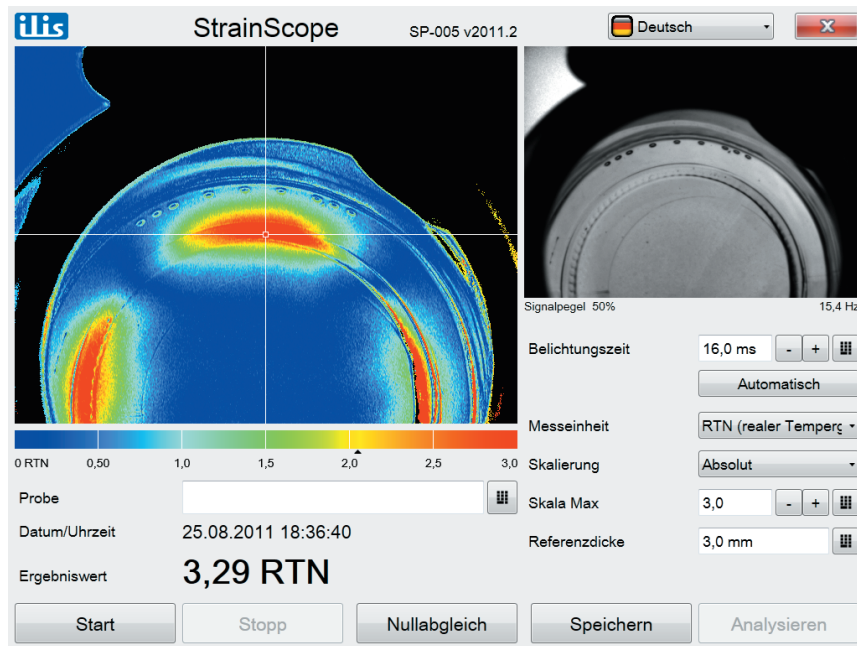


Bild 5: StrainScope® Bedienoberfläche mit Anzeige der Spannungsverteilung im Bodenbereich einer Getränkeflasche. Bild: ilis

Das Herz des StrainScopes ist die ebenfalls neu entwickelte StrainCam®, eine intelligente Kamera, die für jedes Pixel zusätzlich zum Grauwert einen Spannungswert liefert. Die StrainCam ist auch als eigenständiges Produkt zur direkten Integration in

die Produktion und in Prüflinien verfügbar. Die hohe Messfrequenz von 600 Messungen pro Minute ermöglicht die 100%-Prüfung der Produktion – ein großer Vorteil zur Vermeidung von Fehlproduktionen und Reklamationen.

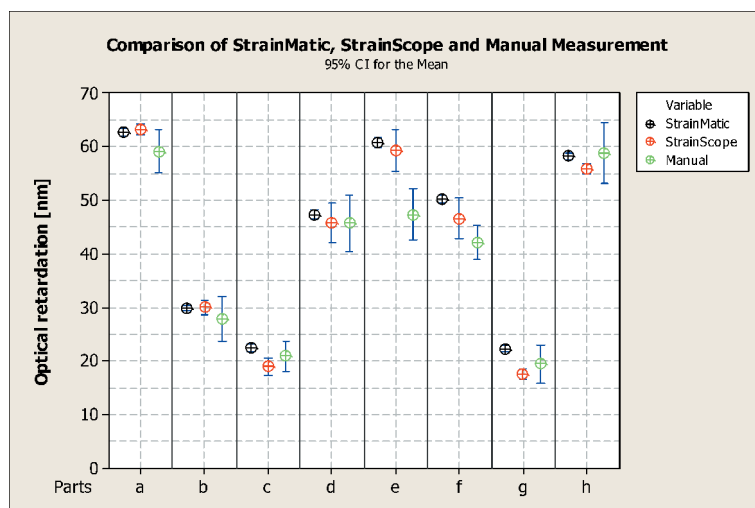


Bild 6: Grafische Darstellung der Gage R&R-Testergebnisse. Die blauen Linien zeigen die Streuung der Messungen (je länger die Linie, desto höher die Varianz). Bild: ilis

Bild 5 zeigt einen Screenshot der StrainScope-Bedienoberfläche. Das große Farbbild zeigt die Spannungsverteilung in der Probe innerhalb des Sichtfeldes der Kamera (hier der Bodenbereich einer Getränkeflasche). Zusätzlich wird zur Orientierung das zugehörige Grauwertbild rechts oben im Fenster angezeigt. Auch enghalsige Flaschen können durch Neigen des Flaschenhalses zerstörungsfrei vermessen werden. Der angezeigte Ergebniswert bezieht sich auf das Fadenkreuz in der Bildmitte. Durch Betätigen des Stopp-Schalters, der auch über einen Fußschalter aktiviert werden kann, wird das aktuelle Bild eingefroren und kann zu Dokumentationszwecken gespeichert werden. Beim Speichern wird optional der Messwert per RS-232/422/485 an ein QS-System übermittelt.

Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit

Um die Verlässlichkeit der drei Messmethoden (manuell mit Standard-Polarimetern, automatisch mit StrainMatic, halbautomatisch mit StrainScope) zu ermitteln, wurde eine Gage R&R-Studie (Gage Repeatability and Reproducibility) durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden acht Glasbehälter mit unterschiedlichen Restspannungsniveaus mit jedem Gerät vermessen. Jede Probe wurde drei Mal von drei verschiedenen Bedienern vermessen, insgesamt also 72 Messungen pro Messgerät durchgeführt.

Ein Maß für die Eignung einer Messmethode ist der so genannte Total Gage R&R Percentage Value, der aus den Messergebnissen berechnet wird. Ein hoher Wert signalisiert dabei einen großen Bedienerinfluss. Per Definition gelten Gage R&R-Werte unterhalb von 30% als akzeptabel, Werte unter 20% als gut und Werte unter 10% als ausgezeichnet. Die StrainMatic schnitt mit einem Total

Gage R&R-Wert von 6% am besten ab, gefolgt vom StrainScope mit 18% und dem Standard-Polarimeter mit 35%. Bild 6 fasst die Messergebnisse für alle Prüfkörper (mit A bis H bezeichnet) zusammen.

Zusammenfassung und Ausblick

Auch wenn die vollautomatische Messung mit der StrainMatic die besten Ergebnisse in Bezug auf Reproduzierbarkeit zeigt und umfangreiche Auswertemöglichkeiten bietet, ist das StrainScope in der Anwendung schneller und flexibler. Außerdem unterscheidet sich das Proben-

handling nicht von einem Standard-Polarimeter, so dass der Schulungsaufwand für neue Bediener gering ausfällt. Letztlich entscheidet der Einsatzzweck, welches Gerät besser für die Messaufgabe geeignet ist. Steht die Prozessoptimierung im Vordergrund, wird die StrainMatic die erste Wahl sein. Wenn der Hauptfokus auf der routinemäßigen Qualitätskontrolle nahe zur Produktion liegt und Flexibilität wichtiger ist als eine optimale Reproduzierbarkeit, dürfte das StrainScope das geeignetere Messmittel sein.

Durch die hohe Messfrequenz von bis zu 20 Hertz ist die StrainCam für den Einsatz in Inline-Inspektionsmaschi-

nen prädestiniert. Anstelle der bisher verwendeten einfachen Intensitätsprüfung mit gekreuzten Polarisatoren wird so die 100%-Prüfung der Produktion auf Restspannungen möglich. Außerdem können Schwellwerte für die Defekterkennung unabhängig von der Glasfarbe und anderen Parametern definiert werden.

Weitere Informationen/Autor:
ilis gmbh, Henning Katte,
Konrad-Zuse-Str. 12,
D-91052 Erlangen,
T: +49 (9131) 9747791,
Fax: +49 (9131) 9747799
e-Mail: henning.katte@ilis.de,
www.ilis.de