

Anisotropien

zur Qualitätssicherung beim thermischen Vorspannprozess

„Gläsernes Glas“ ist ein Projekt mit dem Ziel, durch spannungsoptische Methoden die erreichte Qualität von ESG und TVG zu beurteilen und zu optimieren. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aus dem Budget des ZIM (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) gefördert.



Am Bildschirm werden die thermisch vorgespannten Gläser gescannt und ausgewertet

Ergebnis des Projekts soll die Entwicklung einer standardisierten und zerstörungsfreien Prüfmethode sein, um die Gleichmäßigkeit und Höhe der eingepprägten Spannungen bei Einscheibensicherheitsglas und teilvorgespannten Glas bewerten zu können. Hierzu bedienen sich die Projektpartner spannungsoptischer Methoden, die auf die Entdeckung des französischen Physikers Jean-Baptiste Biot aus dem Jahre 1814 zurückgehen. Biot entdeckte die Fähigkeit eines Stoffes, die Ebene des polarisierten Lichtes zu drehen. Lichtstrahlen, die durch transparente Medien hindurchgehen, verändern beim Durchdringen des Mediums ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit. Den Faktor, um den die Phasengeschwindigkeit der Lichtstrahlung kleiner als im Vakuum wird, nennt man Brechzahl. Dehnt man ein Material in eine Richtung, wird die Entfernung der Moleküle zueinander und damit auch die Geschwindigkeit des Lichts größer und die Brechzahl nimmt ab, während sie senkrecht dazu nahezu unverändert bleibt. Die Brechzahl kann also in verschiedenen Richtungen variieren. Man spricht hierbei von einer Doppelbrechung, bzw. Anisotropie.

Normal gekühltes Glas ist optisch isotrop, das heißt die Brechzahl der Lichtstrahlen ist in alle Richtungen des 3-dimensionalen Raumes gleich - das Licht wird gleichmäßig in alle Richtungen abgestrahlt. Wenn ein transparenter Werkstoff unter Spannung steht, wird er zum doppelbrechenden Medium – er wird anisotrop. Die Doppelbrechungen sind unter polarisiertem Licht als Irisationen wahrnehmbar, was

sich durch helle oder dunkle Bereiche oder bei zusätzlicher Verwendung von so genannten Verzögerern durch farbige Muster bemerkbar macht. Durch den Einsatz einer definierten polarisierten Lichtquelle werden bei dem Projekt „gläsernes Glas“ alle vorgespannten Glaserzeugnisse direkt am Auslauf des Kühlbereichs im Onlineverfahren gescannt, die Gangunterschiede der jeweilig doppelt gebrochenen Wellenlängen gemessen und interpretiert. Auf diese Weise erhält der Ofenführer unverzüglich eine Rückmeldung, ob etwa durch veränderte Umgebungsbedingungen in die Prozesssteuerung eingegriffen werden muss.

Mit dem Scan erfolgt auch eine Messung der Kantenmembranspannung von der mit hoher Genauigkeit auf die eingepprägte Oberflächendruckspannung geschlossen werden kann. Diese Methode der Spannungsmessung ist eine geeignete und nach EN 12150-1 bereits heute zulässige zerstörungsfreie Methode zur werkseigenen Produktionskontrolle. Durch den Einsatz des entwickelten Inline-Scanners erhält der Hersteller optimale Prozesssicherheit. Die Homogenität der Spannungsverteilung über die gesamte Glasfläche jeder produzierten Einzelscheibe, sowie der eingepprägten Spannungen wird gemessen und dokumentiert. Um einen Mehrwert bieten zu können, wurde in dem Inline-Scanner auch eine Fehlerdetektion zum Erkennen von Glasfehlern, Kratzern und Kontrolle der Abmessungs- und Konturgenauigkeit integriert.

Das Forschungsprojekt läuft noch bis Ende November 2017. Bis dahin ist noch zu untersuchen, welche Eingriffe in den Vorspannprozess zu einer Minimierung der Anisotropien führen, ohne dass dabei die zuzusichernden Zugfestigkeitswerte und Bruchbilder negativ beeinflusst werden. Mit dem Einsatz des Inline-Scanners der Softsolution werden gleich mehrere Vorteile in der Produktion erreicht.

- Optimierung des thermischen Vorspannprozesses
- Minimierung von Anisotropien
- Messung der Kantenmembranspannung ab einer Glasdicke $d \geq 6$ mm
- Reproduzierbarkeit der Qualität
- Optimierung der Wartungsintervalle der Anlage
- Fehlerdetektion mit Prüfung der Abmessung und der Kontur
- Dokumentation der Ergebnisse

Nachdem auch natürliche Sonnenstrahlung stets einen gewissen Anteil an polarisiertem Licht enthält, werden die Spannungsfelder, je nach Einbauort, Lichtverhältnissen und Betrachtungswinkel, auch ohne optische Hilfsmittel sichtbar. Die visuell feststellbaren Irisationen bzw. Anisotropien werden bisher stets subjektiv empfunden. In diesem Zusammenhang könnte neu definiert werden, inwieweit die zeitweise sichtbaren Anisotropien zu akzeptieren sind, bzw. ab welchem objektiv zu messenden Gangunterschied Anisotropien als Mangel anzusehen sind.

In der Technischen Richtlinie Nr. 9 zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas sind Anisotropien seit jeher als mehr oder minder unvermeidbare Erscheinungen bei der Produktion von ESG und TVG im thermischen Vorspannprozess angesehen. Die Wahrnehmung der Irisationserscheinungen bzw. der Hell- und Dunkelfelder an der Glasoberfläche werden als möglich und akzeptabel bewertet.

In der Produktnorm EN 12150-1:2010-11 geht man in der Bewertung davon aus, dass Anisotropie kein Mangel ist, sondern ein produktimmanenter, sichtbarer Effekt. Das bedeutet, dass die sichtbaren Spannungsfelder, die als Hell- / Dunkelfelder und im Extremfall sogar als farbige Zonen wahrnehmbar sind, generell zu akzeptieren sind.

Es wird noch einige Zeit vergehen, bis sich die neuen Erkenntnisse aus der Forschung und Entwicklung in der ganzen Breite der Produktion von thermisch vorgespannten Gläsern auswirken werden. Auch mit den aus dem Projekt gewonnenen Erkenntnissen und der damit verbundenen Optimierung der Produktionsprozesse werden die optischen Erscheinungen von Anisotropien nicht absolut zu verhindern und weiterhin als gegeben hinzunehmen sein.

In dieses Forschungsprojekt sind als Industriepartner die Softsolution GmbH aus Waidhofen/Austria und die VitroDUR GmbH aus Hachenburg eingebunden. Über die Kooperation UNIGLAS GmbH & Co. KG konnten mit dem entwickelten



Der am ESG-Ofen angeschlossene LineScanner
www.glass-iq.com

Scanner die Auswirkung unterschiedlicher Anlagentypen eruiert werden. So haben auch die Unternehmen Flintermann GmbH und Egger Glas GmbH maßgeblich zur Umsetzung beigetragen. Die wenig überraschende Erkenntnis: die Ausprägungen der Anisotropien ist in einem hohen Maß anlagenspezifisch.

Zur Überwachung des thermischen Vorspann-Prozesses bietet der Online-Scanner aktuell folgende Möglichkeiten:

- Bewertung von Anisotropien & Kanten-Membranspannungen im Glas
- Glasqualitätskontrolle: Kratzer, Blasen/Einschlüsse, Verschmutzungen, Fingerabdrücke
- Kantenqualitätsprüfung (z.B. Ausmuschelungen)
- Dimensions- & Lageprüfung von Außen- und Innenkonturen inkl. Bohrlochdurchmesser
- Feinjustierung der Scanergebnisse durch Helligkeit und Kontrast
- Card-Login-System, um an Statistiken zu ersehen, welche Fehlerquoten pro Mitarbeiter entstehen

Mit dem Einsatz des Inline-Scanners ist es möglich, das vorgespannte Glas unmittelbar noch an der Produktionsanlage zu beurteilen und den Vorspannprozess individuell auf die Anlage und die aktuell vorherrschenden Umgebungsbedingungen abgestimmt zu optimieren.

Damit bedeutet die zerstörungsfreie Messung der Spannungszustände von vorgespanntem Glas einen großen Fortschritt für die Reproduzierbarkeit der Qualität von ESG und TVG.

TF, RM

Beteiligt sind an dem Forschungsprojekt:

- RWTH Aachen, Institut für Stahlbau, Prof. Dr.-Ing. Markus Feldmann, Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Pietro Di Biase, M-Sc. Benjamin Schaaf
- Hochschule München, Prof. Dr.-Ing. Christian Schuler, Labor für Stahl- und Leichtmetallbau, Mitarbeiter: M. Eng Steffen Dix
- Anlagenbau und Softwareentwicklung: Softsolution GmbH, Ing. Thomas Schuller, Ing. Hermann Sonnleitner, Andreas Hammerschmidt
- Glashersteller VitroDUR GmbH, Heinz Schneider, Uwe Bergmann, sowie in Unteraufträgen: Flintermann GmbH, Reinhard Gruber, Egger Glas GmbH, Phillip Schuller, UNIGLAS GmbH & Co. KG, Thomas Fiedler