

Thermisch vorgespanntes Glas:

# Ofentechnologie im Wandel

Annti Numminen

Die Entwicklung von Anlagen für thermisch vorgespanntes Flachglas steht kurz vor einem Umbruch, der ohne weiteres mit dem Übergang von den kontinuierlichen zu den oszillierenden Öfen Anfang der siebziger Jahre verglichen werden könnte. Während sich der Einkammer-Strahlungsofen als erste Wahl für eine Ofenkonfiguration für die meisten thermischen Vorspannaufgaben für Flachglas anbietet, gibt es Fälle, für die eine abweichende Heizmethode in Erwägung gezogen werden sollte. So bieten sich verschiedene Optionen, wenn großer Produktionskapazitätsbedarf besteht oder wenn die Qualitäten oder das thermisch vorzuspannende Glas es erfordern.

Der traditionelle Weg, die Ofenkapazität zu erhöhen, bestand bisher darin, eine zweite Strahlungsheizkammer an die thermische Vorspannstraße anzuschließen. Falls die Produktion ausschließlich aus klarem, d. h. unbeschichtetem Glas besteht, dann erzielt diese Lösung das beste Verhältnis aus dem Investierungs-/Produktivitätsgewinn. Wenn ein Teil des thermisch vorzuspannenden Glases auch beschichtet werden muß – entweder pyrolytisch oder besonders durch ein Beschichtungsverfahren durch Vakuumzerstäubung (Sputtern) – dann wird eine doppelte Strahlungsofenkonfiguration sehr wahrscheinlich kein Glas einer akzeptablen optischen Qualität ergeben. In solchen Fällen muß der Heizprozeß verstärkt werden, indem ein Element einer erzwungenen Kon-



Der „Uniglass UGC UniCharge“ verfügt über eine hohe Wärmeübertragung mit kontrollierter Wärmeabstrahlung  
Bild: Uniglass

vektion bis zu einem gewissen Grad – vorzugsweise hoch – hinzugefügt wird. Es gibt zwei grundsätzliche Optionen:

- ein zweistufiger Ofen, bei dem die Vorheizabteilung das Glas auf eine Temperatur im mittleren Bereich durch Zwangskonvektion erhitzt und die Schlußerhitzung auf die thermische Vorspanntemperatur durch Strahlungserhitzen durchgeführt wird,
- ein Ofen, bei dem das Glas durch Zwangskonvektion über die gesamte Strecke von der Umgebungstemperatur bis zur thermischen Vorspanntemperatur erhitzt wird.

Das Zweistufen-Heizsystem funktioniert durch den Effekt, daß bei hoher Temperatur die beschichteten und unbeschichteten Oberflächen von Glas beginnen, hinsichtlich der Strahlungswärmerreaktion starke Ähnlichkeiten aufzuweisen. Da beide Oberflächen den Hitzegehalt mit derselben Geschwindigkeit aufnehmen, ist es möglich, die Eigenschaften von Flachglas beizubehalten. Die andere Methode – ein Heizsystem mit hoher Konvektion – gewinnt in der thermischen Vorspannindustrie zunehmend an Verbreitung, da die Marktnachfrage nach weichbeschichtetem Glas mit sehr niedrigem Emissionsvermögen rasch zunimmt. Bedauerlicherweise weisen die meisten der bestehenden Systeme

mit hoher Konvektion technische Nachteile auf, so z. B. einen Mangel an technischer Zuverlässigkeit oder sie sind nicht in der Lage, Glas einer akzeptablen Qualität zu liefern. Deshalb wird Erhitzen mit hoher Konvektion allgemein als eine experimentelle Technologie betrachtet. Aber der Markt wartet ganz offensichtlich auf einen kommerziell einsetzbaren Ofen mit hoher Konvektion.

### Zuverlässige Mechanik

Praktisch alle Öfen mit hoher Konvektion arbeiten, indem sie die Umluft durch motorangetriebene Ventilatoren zirkulieren lassen, die sich in dem heißen Abschnitt des Ofens befinden. Obwohl sich diese Methode in dem Fall der Vorheizkammer mit Zwangskonvektion als effektiv bewährt hat,

Der Autor ist Marketing Manager bei der Uniglass Engineering Oy, 33100 Tampere (Finnland), Tel. (0 03 58) 32 54 51 00, info@uniglass.com

wird das System in der Umgebung mit hoher Konvektion anfällig, da die Temperaturen aufgrund der Überhitzung von sich bewegenden Teilen in dem Ventilatorensystem von 350 °C auf 700 °C steigen. Eine Lösung besteht darin, alle sich bewegenden Teile außerhalb der Erhitzungskammer anzubringen, d. h. die Luft zu zwingen, durch ein Ventilatorsystem zu zirkulieren, das von der heißen Umgebung im Innern des Ofens vollkommen isoliert ist. Die Lösung hat einige Ähnlichkeit mit einem System von Sauggebläsen – eine Methode, die schon seit mehreren Jahren besteht – bei der ein Außenventilator oder Kompressor Luft in die Ofenkammer bläst und dadurch eine Turbulenz in der Ofenatmosphäre erzeugt. Dies sollte nicht mit hoher Konvektion verwechselt werden. Da die Luft, die durch eine Anordnung von Sauggebläsen relativ kalt im Vergleich zu der tatsächlichen Ofentemperatur ist, wird der Ofen während dieses Verfahrens effektiv abgekühlt. Es ist ganz offensichtlich, daß dies die Energieeffizienz beeinträchtigt. Andererseits bleibt die Auswirkung der Konvektion beschränkt. Dies wird ganz klar durch die Tatsache bestärkt, daß die thermischen Vorspann-Zykluszeiten gegenüber Zykluszeiten, die durch „wirkliche“ oder „tatsächliche“ Erhitzung mit hoher Konvektion erzielt werden, stark im Nachteil sind.

Der erste überzeugende Beweis eines tatsächlichen und mechanisch zuverlässigen Heizsystems mit hoher Konvektionserhitzung ist die Tatsache, daß die in den Ofen geblasene Luft die gleiche Temperatur hat wie die Ofenatmosphäre. Deshalb sollte die Luft logischerweise durch ein Außengebläse geblasen werden, das seinen Lufteinlaß in der Ofenkammer hat. Die Luft sollte in einem geschlossenen Kreislauf zirkulieren. Dies erleichtert auch das Aufrechterhalten eines gleichmäßigen Luftdrucks im Innern des Ofens. Undichte Stellen bei der Luftzufuhr, die sich in einer ungleichmäßigen Verteilung der Hitze auswirken, und mögliche Schäden an anderen Konstruktionsteilen des Ofens werden auf diese Weise wirksam ausgeschaltet.

Wenn Luft in geschlossenen Kreisläufen zirkuliert, dann kann sie in den Ofen zurückgeschickt und durch

eine Anordnung von Düsen, die im Innern des Ofens angebracht sind, direkt in Richtung auf die Glasoberfläche geblasen werden. Dies ermöglicht einen getrennten Luftverteilungskreislauf, der auf die oberen und unteren Oberflächen des Glases gerichtet werden kann. Der Hitzestrom kann individuell auf beiden Seiten angepaßt werden, was bedeutet, daß beide Glasoberflächen mit gleicher Geschwindigkeit erhitzt werden, ohne Rücksicht auf die Art der Beschichtung oder der Wärmereaktion des Glassubstrats.

#### *Steuerung des Strahlungshitzelements*

Der weitere beträchtliche Nachteil der traditionellen Öfen mit hoher Konvektion ist ein Produkt der ungesteuerten Strahlung, die sich aus der umgebenden Ofenkonstruktion ergibt. Alle Hitze aufspeichernden Teile in der Erhitzungskammer strahlen Hitze aus, die in dem Glas absorbiert wird. Da kein wirkliches Hitzeprofil vorliegt, um den Hitzestrom auf den Mittelpunkt des Glases zu lenken, zeigt das Glas die Neigung, an der Kanten zu überhitzen. Das Ergebnis ist ein thermisch vorgespanntes Erzeugnis, das schlechte optische Qualitäten besitzt. Das Problem der „freien Strahlung“ wird noch verschlimmert, wenn mehrere aufeinander folgende Glaschargen durch den Ofen geschickt werden. Glas absorbiert Hitze von der Ofenkonstruktion und hinterläßt ein ungleichmäßiges, vollständig unkontrolliertes Strahlungshitzeprofil. Dies wiederum ruiniert die Glasoptik.

Falls ein kontrolliertes Strahlungshitzeprofil im Innern des Ofenraums eingeführt wird, und zwar unter gleichzeitigem Betrieb mit erzwungener Konvektion, dann verschwinden praktisch alle oben angeführten Probleme. Das unerwünschte Element der unkontrollierten Strahlung wird durch ein dramatisch effektiveres Strahlungs-

profil ersetzt. Da bei diesem fundamentalen Grundsatz moderne Steuerungstechnologie eingesetzt wird – d. h. Informationen über Chargenform und -größe werden automatisch in dem System gespeichert, das die Strahlungshitzelemente steuert – wird der Ofen in die Lage versetzt, eine unendliche Anzahl von Ladungen von unterschiedlichen Formen und Größen zu verarbeiten, ohne daß bei einer Sorte die optische Glasqualität verloren geht.

#### *Die Vorteile einer starken Erhitzung*

Die wichtigste Qualität der erzwungenen Konvektionserhitzung ist natürlich die Möglichkeit, beschichtete Gläser innerhalb von tolerablen Zykluszeiten thermisch vorzuspannen, während – falls auf die richtige Weise ausgeführt – die optische Qualität des gehärteten Glases beibehalten wird. Es gibt noch weitere Vorteile. Während die für das Erhitzen von Glas erforderliche Energie einfach eine Funktion der Masse ist, werden Energie und Investierung bei anderen Teilen des thermischen Vorspannvorgangs verbraucht, nämlich bei dem Abschrecken und bei der Bearbeitung. Da der Abkühlvorgang bei Glas nur eine bestimmte Zeit in Anspruch nimmt, ohne Rücksicht auf die Erhitzungszeit, die für beschichtetes Glas im allgemeinen dauert, werden die Abschreckgebläse unvermeidlicherweise rotierend eingesetzt und Energie während der zusätzlich erforderlichen Zeitspanne für die Erhitzung verbrauchen. Falls die Erhitzungszeit verkürzt werden kann, ergeben sich umfangreiche Einsparmöglichkeiten durch die Tatsache, daß keine Gebläse in Betrieb sein müssen, wenn sich kein Glas in der Abschreckabteilung befindet.

Abschließend kann festgestellt werden, daß – falls ein thermischer Vorspannofen erfolgreich eine hohe Konvektion mit gesteuerter Strahlungserhitzung durch Einrichtungen moderner Automation kombiniert – sich die Probleme, die sich normalerweise bei Öfen mit hoher Konvektion ergeben, erledigt haben dürften. Die durch eine solche Kombination erzielte Glasqualität wird im Vergleich von sehr guter Qualität sein. Ein zusätzlicher Vorteil liegt in 10–30 %igen Einsparungen der Gesamtbetriebskosten. □