

FACHBEITRAG

Leonberg, im Februar 2013

Autor: Dirk Städter – Sales Manager Glass Fibre Finishing Lines

Glasgewebe-Ausrüstung für die Herstellung von Leiterplatten und Bauarmierungen: Betrachtung unter dem Aspekt der Energieeinsparungsmöglichkeiten

Einleitung

Es gibt kaum einen Bereich des täglichen Lebens, in dem man heute kein technisches Glasgewebe antrifft. Ob Smartphone, Laptop oder Fernseher, ob Hausfassaden, Sonnenschutzmaterialien oder Schleifscheiben für den Heimwerker, ob Operationssaal oder medizinische Geräte – überall findet man Glasgewebe in unterschiedlichen Zusammensetzungen, Qualitäten und Feinheiten. Dabei sind es nicht nur die hohe Zugfestigkeit, die geringe Dehnung und ein ausgezeichnetes gewichtsbezogenes Elastizitätsmodul im Vergleich zu Stahl, die das Glasgewebe auszeichnen, es sind auch dessen Isolationseigenschaften, Biegsamkeit oder dessen thermische Beständigkeit.

All diese Eigenschaften hatten zur Folge, dass die Weltproduktion an Glasgewebe in den vergangenen 20 Jahren explosionsartig angestiegen ist. Allein die Leiterplattenproduktion in China stieg im Zeitraum von 1995 bis 2011 von 1.400 Mio US\$ auf knapp 25.000 Mio US\$, also um rund das 18-fache! Weltweit prognostiziert man für das Jahr 2013 einen Umsatz von 61.000 Mio US\$ (Quellen: IPC und NTI). Dabei macht der Glasgewebeanteil etwa 30% der Materialeinsatzkosten aus. Zählt man weltweit Glasgewebe für die Bauindustrie, für den Fahrzeugbau, die Luft- und Raumfahrt, für die Raumgestaltung oder den Umweltschutz hinzu, so erahnt man die Dimensionen des Marktanteils von Glasgewebe an der Weltindustrieproduktion. Bedenkt man, dass die Erzeugung des Glasgewebes und dessen finaler Produkte mit einem überaus hohen Energieeinsatz verbunden ist – Glas-schmelze, mehrfache thermische Ausrüstungsprozesse – so wird diese Dimension noch um ein Vielfaches größer. Das alles ist Grund genug, sich mit den Potenzialen für die Energieeinsparung in diesen Produktionsketten zu beschäftigen. Motivation dürfte dabei nicht nur das ureigene unternehmerische Interesse des jeweiligen produzierenden Unternehmens sein, sondern auch dasjenige einer ganzen Volkswirtschaft, dessen Energiebilanz dadurch durchaus signifikant beeinflusst werden kann.

Dieser Beitrag diskutiert anhand zweier Anwendungsbereiche des Glasgewebes realistische und technisch umsetzbare Maßnahmen zu einer wirkungsvollen Einsparung an Primärenergie. Es sind die Bereiche der Glasgewebeveredlung für die Herstellung von Leiterplatten und für Bauarmierungen.

FACHBEITRAG

Die vorgelagerten Verfahrensschritte

Am Beginn der gesamten Prozesskette jeglicher Glasfasererzeugnisse steht die Schmelze. Hierbei werden dem Siliziumdioxid entsprechend der später erforderlichen Eigenschaften bestimmte Additive zugesetzt. Zum Einsatz kommen beispielsweise Zirkoniumoxid für AR- oder Z-Glas oder im Fall von E-Glas Aluminium, Bor und Silikate. Während AR- und Z-Glas wegen der Alkaliresistenz vorwiegend für die Herstellung von Bauarmierungen und Glasfasertapeten zum Einsatz kommt, findet man das E-Glas in jeder Leiterplatte wieder. Aus der ca. 1550°C heißen Schmelze werden über die mikrofeinen Düsen die Faserfilamente mit einem Durchmesser in der Größenordnung von 4 bis 40 µm erzeugt. Diese Filamente können für die verschiedenen Anwendungsbereiche durch ein spezielles Produktionsverfahren verstreckt werden, so dass Faserdurchmesser von 0,1 bis 5,0 µm erzielt werden. Schließlich wird eine definierte Anzahl von Fasern zu Garnen verzwirnt. Die Filamente bzw. Garne sind bei der weiteren Bearbeitung extremen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt. Um Filamentbrüche so weit wie möglich auszuschließen und die Weiterverarbeitung zu einem Flächengebilde überhaupt zu ermöglichen, sind daher die Garne mit einem Hilfsmittel auszustatten. Dieses Hilfsmittel, die Schlichte, ist in der Regel ein Polyvinylalkohol und wird entweder unmittelbar nach dem Spinnprozess oder in einem separaten Verfahrensschritt auf die Glasfaser aufgebracht. In Abhängigkeit der jeweiligen Qualität beträgt die Schlichte-Applikation bis zu 3% des Rohwarengewichts.

Die Flächenbildung kann über verschiedene Technologien erfolgen. Neben Weben und Wirken kommen auch entsprechende Verfahren zur Erzeugung von Gelegen oder Vlies zum Einsatz. Bei den hier zu betrachtenden Bereichen Leiterplatten und Bauarmierungen wird von Glasfasergeweben mit Feinheiten in Kette und Schuss jeweils von 5 x 11 bis 9 x 68 tex bzw. von Glasgittergeweben mit Maschenweiten zwischen 4 bis 10 mm, Warengewicht von 50 bis 600 g/m² und Garnfeinheiten in der Größenordnung von 136 bis 1800 tex gesprochen. Insbesondere beim Glasfasergewebe für die Elektronikindustrie ist dabei ein deutlicher Trend zu verzeichnen: Waren noch vor 5 Jahren Warengewichte zwischen 48 bis 106 g/m² der Maßstab, sind es nunmehr 12 g/m² und eine Feinheit von 4 x 2,2 tex in Kette und Schuss, die den Maschinenbauern ins Pflichtenheft geschrieben werden; eine enorme Herausforderung insbesondere in Hinblick auf die Kontrolle der Zugspannungen in allen Anlagenkomponenten, der absolut präzisen Parallelität und Rundlaufgenauigkeit aller Walzen sowie die exakte Temperaturführung in allen Thermobehandlungsstufen.

Die Entfernung der Schlichte erfolgt in der Regel in zwei Stufen.

Die Karamelisierung

In einem kontinuierlichen Hochtemperaturprozess wird die Schlichte bis auf einen Gewichtsanteil von ca. 0,2% des Rohwarengewichts reduziert. Das geschieht in der Praxis sowohl in Strahlungsöfen auf der Basis von IR-Gasstrahlern als auch in Konvektionsöfen mit Umlufttemperaturen bis zu 450°C. Aufgrund des nicht unerheblichen Anteils an Schlichte in der Abluft, muss diese zwangsläufig einer Abluftreinigung unterzogen werden. Während hier ostasiatische Anbieter noch immer auf zweifelhafte Lösungen setzen, macht

FACHBEITRAG

der europäische Systemanbieter für diese Anlagen keinerlei Kompromisse und rüstet Karamelisierungsanlagen grundsätzlich mit einer hocheffektiven Thermischen Nachverbrennung (TNV) aus.

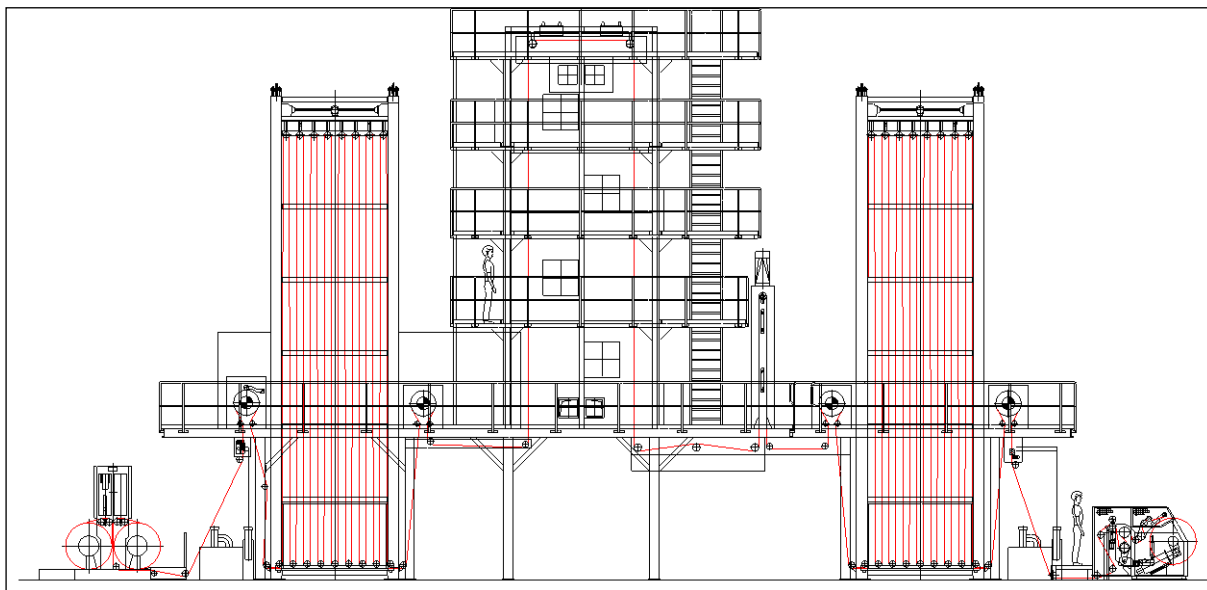


Bild 1: Schema einer Karamelisierungsanlage für die Entschlichtung von Glasfasergewebe zur Herstellung von Leiterplatten

Aus produktionsorganisatorischen Gründen sind diese Anlagen auf Warengeschwindigkeiten bis zu 120 m/min ausgelegt. Daraus lässt sich für die typischen Parameter (Warenbreite 1,32 m, Warengewicht 48 g/m²) eine Bilanz für den Wärmehaushalt ableiten, wie unter Bild 2 gezeigt.

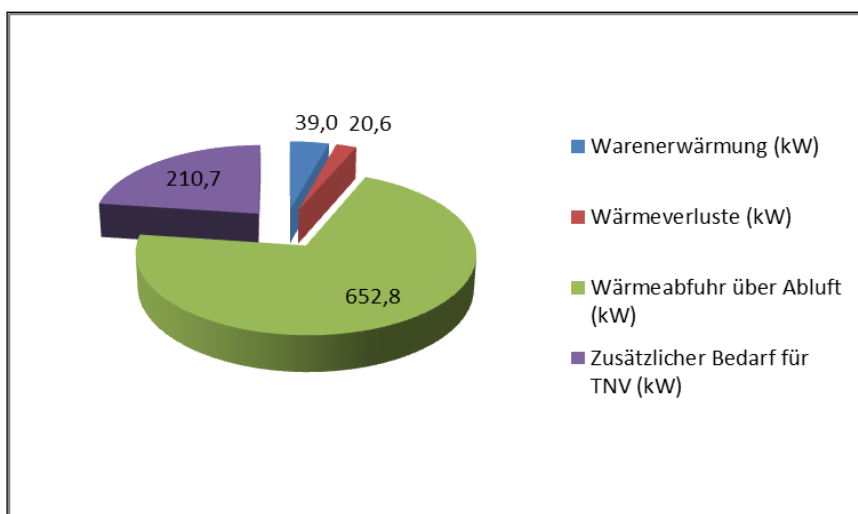


Bild 2: Bilanz Wärmehaushalt an einer Karamelisierungsanlage

FACHBEITRAG

Mit 653 kW entfällt dabei auf die Abluft der Hauptanteil. Moderne Nachverbrennungsanlagen verfügen über eine entsprechende Lösung zur Vorwärmung der zu reinigenden Abluft auf die höchstmögliche Temperatur. Diese muss zur optimalen Verbrennung der Schadstoffe ca. 750°C betragen. Das Defizit muss durch weitere Wärmezufuhr ausgeglichen werden und beträgt im vorliegenden Fall 210,7 kW. Hier setzt das Konzept für eine weitere Energieeinsparung an: Von dem nunmehr sauberen Abluftvolumenstrom wird der minimal notwendige Teilstrom über Dach abgeführt. Der verbleibende Teilstrom wird dem Prozess wieder zur Verfügung gestellt. Um diesen optimal in den Entschlichtungsprozess einbringen zu können sind jedoch geeignete Maßnahmen zur Rückführung der gereinigten Abluft sowie Temperaturregeleinrichtungen unabdingbar. Der Einsparungseffekt ist enorm: Er beträgt mit den oben genannten Parametern und unter optimalen Bedingungen 592,3 kW, also 64% des gesamten Prozesswärmebedarfs!

Der Batchofen

Im sogenannten Batchofen wird der diskontinuierliche Entschlichtungsprozess durchgeführt und dabei durch einen thermischen Prozess die restliche Schlichte in Höhe von ca. 0,2 % des Rohwarengewichts vom Glasgewebe entfernt. Die Zykluszeit kann einschließlich Aufheizen, Halten der Temperatur und Abkühlen, bis zu 72 Stunden andauern. In High-Tech Öfen kann man heute die Zykluszeit auf 44 bis 48 Stunden reduzieren. Diese Verkürzung kann nur durch eine äußerst präzise und deutlich intensivierete Umluftführung erzielt werden, wie es in Brückner Öfen standardmässig der Fall ist. Eine hocheffektive Isolierung und dicht schließende Tore sind dabei ebenso Voraussetzung wie eine spezielle Bodenkonstruktion, die einerseits die extrem hohe Flächenlast der beladenen Batch-Gestelle aufnehmen, aber andererseits auch hervorragend die Ableitung der Wärme über das Fundament hemmen kann. Bild 3 zeigt das Resultat allein dieser Maßnahmen. Zum Vergleich: Bei einer Zykluszeit von 72 Stunden beträgt die Wärme der Abluft immerhin 1.610 kWh mehr und damit die Wärme der mittels Brenner einzubringenden Wärme statt 16.320 kWh immerhin 17.930 kWh. Angesichts des hohen Anteils der Wärme, die mit der Abluft abgeführt wird, ist es unabdingbar, dass der Batchofen das Abluftvolumen über eine Unterdrucksteuerung auf ein Minimum regelt, sobald im Ofen die Solltemperatur erreicht ist.

FACHBEITRAG

Diskontinuierliche Entschlichtung im BRÜCKNER Batchofen
Energiebilanz für einen Zyklus

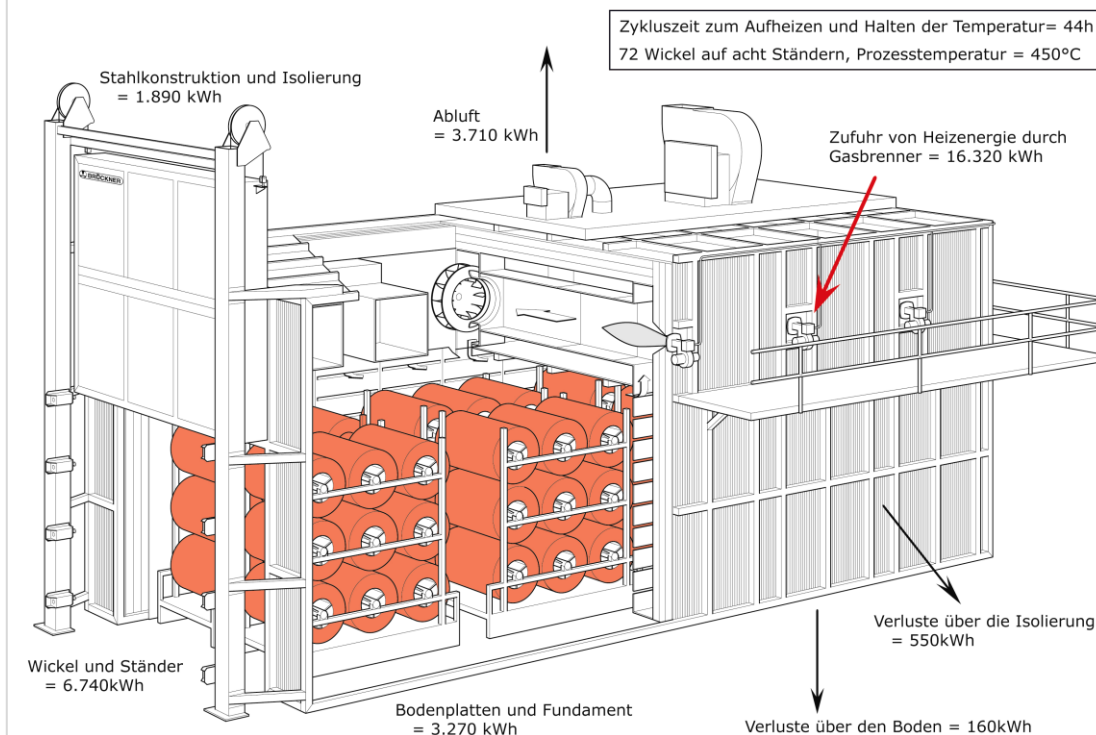


Bild 3: Energiebilanz am Batchofen bei einer Zykluszeit von 44 h

Es lässt sich weiter diskutieren, ob mit dem heißen Abluftvolumen Luft für die Brenner vorgewärmt werden kann und sich damit weitere Einsparungen erzielen lassen. Hierfür berechnet sich eine weitere Einsparung in Höhe von etwa 800 kWh für einen Zyklus von 44 h. Ob der hierbei gewonnene Einsparungseffekt für den Betreiber wirtschaftlich ist, hängt in erster Linie von den zusätzlichen Kosten für das Equipment der Wärmerückgewinnung einschließlich der peripheren Aggregaten bzw. Installationen ab und natürlich vom aktuellen Preis für Erd- oder Flüssiggas.

FACHBEITRAG

Die Silanausrüstung



Bild 4: Finishing-Anlage für die Silanausrüstung

Nach dem Entfernen der Schlichte ist das Glasgewebe sehr anfällig gegenüber jeder Art von mechanischer Beanspruchung. Für die Erzeugung von Leiterplatten wird das Glasgewebe mit einem wässrigen Gemisch aus Silan und weiteren Zusatzstoffen, welche auf die nachfolgende Kunstharzbeschichtung abgestimmt sind, imprägniert. In diesem Verfahrensschritt wird nicht nur die mechanische Belastungsempfindlichkeit verbessert, sondern auch durch gezielte Maßnahmen Filamentbrüche entfernt und die Oberflächenbeschaffenheit des Gewebes für die Kunstharzbeschichtung verbessert. Dazu sind je nach Qualitätsanspruch und speziellem Know-how des Betreibers bis zu drei Schritte notwendig, die durchaus in unterschiedlicher Reihenfolge durchgeführt werden können. In jedem Fall gehört dazu das sogenannte Fibre Opening. Hier werden in der Regel durch Nassverfahren (Vibro-Washer oder Aquajet) gebrochene Filamente entfernt und eine Vergleichmäßigung der Oberflächenstruktur erreicht. Der Fachmann spricht dabei vom „Schließen der Gewebefenster“. In ein oder zwei weiteren Schritten wird das Glasgewebe imprägniert. Nach jedem dieser Schritte muss das Gewebe in einem thermisch energieintensiven Prozess getrocknet werden. In der Praxis kommen dazu entweder eine Kombination aus Infrarot Gasstrahlungsöfen und Konvektionstrockner oder ein reiner Konvektionstrockner zum Einsatz. Hier nun setzen die Konzepte für die Energieeinsparung an: Eine einfache, aber dennoch wirkungsvolle Maßnahme ist die aus der normalen Textilveredlung bekannte Abluftfeuchteregelung. Allerdings sind diese Finishing-Anlagen für Produktionsgeschwindigkeiten von 120 m/min und mehr ausgelegt, das Sortimentsspektrum ist in der Regel begrenzt. Somit weiß man durch gezielte Einzelmessungen sehr genau, welche Abluftfeuchte bei welchen Produktionsparametern erreicht wird.

Es ergibt sich jedoch noch eine weitere interessante Möglichkeit, die die Firma Brückner aufzeigt: Wird die Kombination von Infrarot-Ofen und Konvektionsofen betrachtet so ist festzustellen, dass die Abluft mit einem relativ hohen Temperaturniveau anfällt. Diese lässt sich auf intelligente Weise dazu nutzen, Frischluft vorzuwärmen und diese über ein

FACHBEITRAG

spezielles Düsensystem dem Konvektionstrockner im unteren Teil zur Verfügung zu stellen. Der Einsparungseffekt beträgt immerhin ca. 170 kW bzw. 18% des Gesamtwärmebedarfs eines Trockenprozesses. Betrachtet man hingegen den reinen Konvektionsofen, so hat dieser naturgemäß einen niedrigeren Wärmeenergiebedarf. So werden für denselben Prozess bei Einsatz eines reinen Konvektionsofens nur ca. 75% der Primärenergie benötigt, die für einen Kombinationstrockner notwendig ist. Allerdings sind hier auch die Effekte der Wärmerückgewinnung kleiner. Die Rückgewinnung liegt im Bereich von ca. 85 kW.

Die Glasgittergewebe-Imprägnierung

Glasgittergewebe ist vorwiegend in der Baubranche anzutreffen. Seine Eigenschaften machen es geradezu zum idealen Werkstoff für Armierungen. Allerdings muss die Glasfaser zuvor alkalibeständig gemacht werden und die Knotenstruktur des Gittergewebes geschützt werden. Als Imprägniermittel kommen dabei wässrige Polymerdispersionen auf Acrylat- oder Vinyl-Polymerisat-Basis zum Einsatz. Je nach finalem Produkt werden dabei zusätzliche Chemikalien verwendet, wie z.B. zur Hydrophob-Ausrüstung.

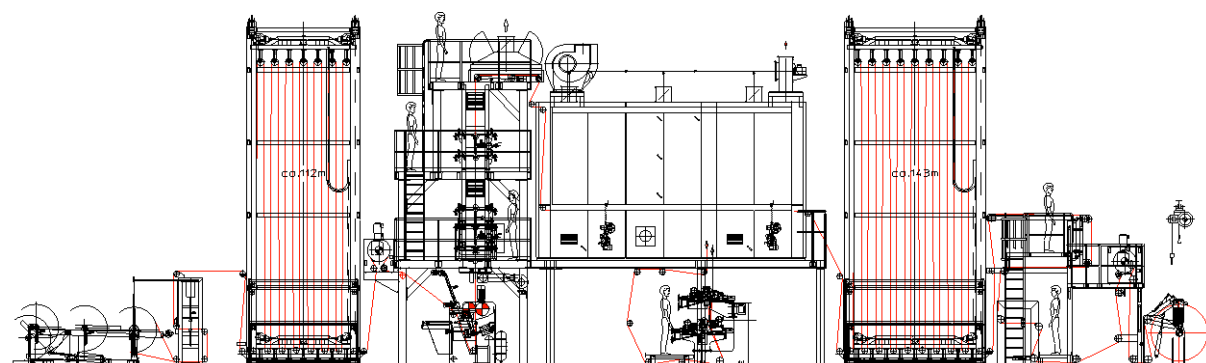


Bild 5: Schema Glasgittergewebe-Imprägnieranlage

Die Applikation des Imprägniermittels geschieht in einem Tauchbad und daran anschließendem Quetschwerk. Nach der Trocknung in einem vertikalen Infrarot-Gasstrahlungstrockner muss das imprägnierte Glasgittergewebe einem thermischen Verweilprozess zugeführt werden, bei dem die Molekülketten der Polymerisate chemisch-physikalisch vernetzt werden und die zu erzielenden Eigenschaften des Glasgittergewebes erst zur Ausprägung kommen. Der Fachmann spricht hierbei von einem Kondensationsprozess, der je nach eingesetztem Polymerisat bis zu 5 min dauern kann. Diese Aufgabe übernehmen spezielle Schlaufentrockner, die über einen definierten Wareninhalt diese Verweilzeit sicherstellen.

In der Regel schließt sich diesem Prozess eine Druckstation an, die ein- oder mehrstufig die Logos des jeweiligen Vertriebsunternehmens auf das finale Produkt aufbringen. Hier bietet sich eine hervorragende Möglichkeit der Energieeinsparung an. Da nach dem Druckwerk ein Trocknungsprozess notwendig ist – hier wurde in der Vergangenheit ein

FACHBEITRAG

separater zusätzlicher Trockner benötigt – geht Brückner hier einen innovativen Weg: Das Konzept ist in Bild 5 zu sehen. Das Druckwerk ist unterhalb des Kondensationstrockners angeordnet. Das Glasgittergewebe verlässt nach Beendigung des Vernetzungsprozesses diesen Trockner, wird im Logodruckwerk bedruckt und wird wieder in den Trockner geführt. Über ein speziell modifiziertes kurzes Trocknersegment wird ein Teil der Abluft des Gasstrahlungstrockners eingebracht und dadurch die Farbe des Logodrucks getrocknet. Der große Vorteil: Keine zusätzliche Wärmeenergie ist notwendig, platzsparende Aufstellung, geringster anlagentechnischer Aufwand.

Ein weiteres Energieeinsparpotenzial erschließt sich durch die optimierte Gestaltung des Infrarot-Gasstrahlungstrockners mit integrierter Nutzung der Abluftwärme. Durch diese Maßnahme allein wird der Gasbedarf um 17% reduziert! Zudem schafft sie eine um 8 % höhere Produktionskapazität. Ein solches Konzept bietet Brückner an es hat sich bei einem der weltmarktführenden Unternehmen für Glasgittergewebe bereits hervorragend in der Praxis bewährt.

Zusammenfassung

Die Weltproduktion an Glasgewebe steigt seit den 90er Jahren überproportional an. Selbst die Krisenjahre 2001/2002 und 2008/2009 haben diese Entwicklung nicht nachhaltig beeinträchtigen können. Grund dafür sind die ausgezeichneten Eigenschaften des Glasgewebes, die es zu einem hervorragenden Werkstoff in der Halbleiterindustrie, in der Baustoffbranche oder in der Luft- und Raumfahrtindustrie machen. Allerdings zwingt dessen energieintensive Herstellung, Verarbeitung und Ausrüstung dazu, nach Energieeinsparungspotenzialen zu suchen. Im vorliegenden Beitrag wurden anhand von vier Verfahrensschritten der Glasgewebeausrüstung wirkungsvolle und intelligente Maßnahmen diskutiert, die eine beachtliche Einsparung an Primärenergie für die Prozesswärmebereitstellung ermöglichen. Betrachtet man die Kette der Glasgewebeausrüstung für die Leiterplattenindustrie, also Karamelisierung, Batchofen und Silanimprägnierung, so lassen sich durch den Einsatz innovativer, energieeffizienter und qualitativ allerhöchsten Ansprüchen genügender Technik im Mittel ca. 25% Primärenergie einsparen! Ein Argument, an dem der kostenbewusste Betreiber bei seiner Investitionsentscheidung nicht vorbei kommen wird, denn für ihn bedeutet dies eine zusätzliche Ertragschance.