

1

© Plasmatreat

SURFACE PRETREATMENT. A BREAKTHROUGH IN LARGE LIGHT PANEL PRODUCTION

Pretrattamento superficiale. Una svolta nella produzione di pannelli leggeri di grandi dimensioni

Inés A. Melamies
*Blue Rondo International,
Bad Honnef, Germany*

New techniques only prove to be of great benefit in cases where products made therewith can also be manufactured in an efficient, environmentally friendly and cost saving manner.

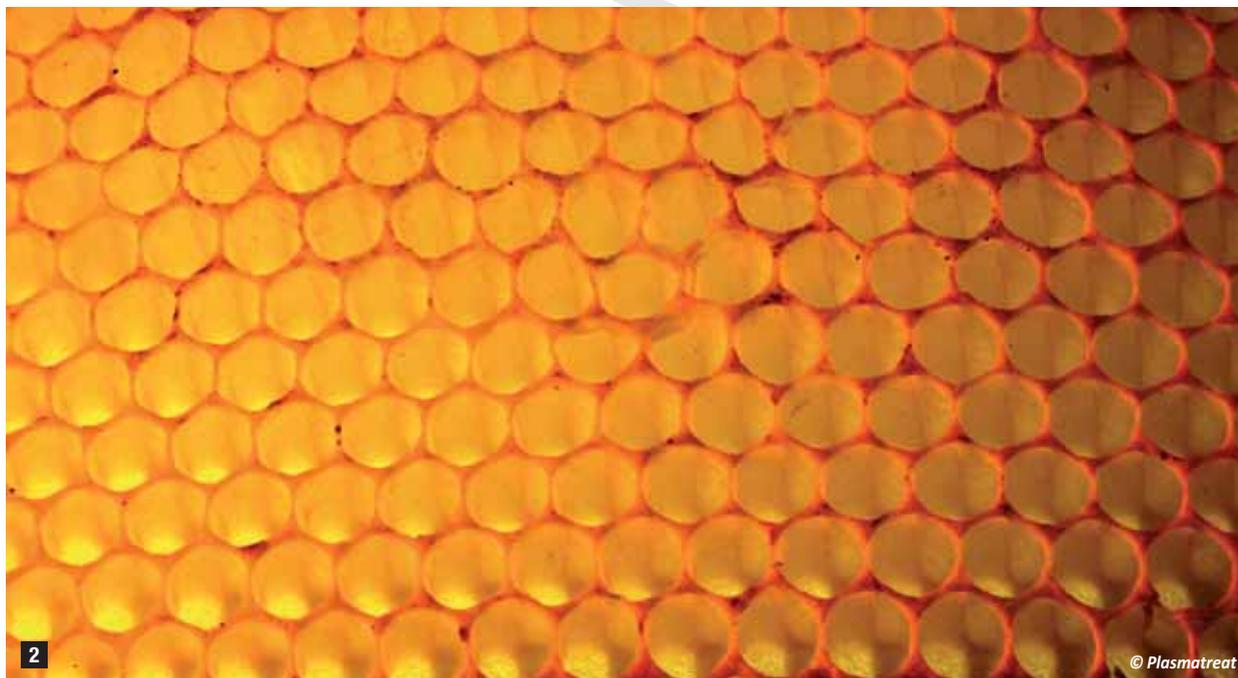
As an outstanding example, a new rotary nozzle method can be cited that enables panel manufacturers for the very first time to pretreat large and lightweight composite panels with potential-free atmospheric pressure plasma (Fig. 1) at high production rates in a continuous process.

Conservation of resources and energy efficiency are considered today as one of the most important strategies for the future. Achieving these objectives requires innovative approaches, the models for which can often be found in nature. Grass blades and honeycombs, for example, have a special structure that is unique in terms of strength and the amount of material required, while simultaneously offering minimal weight. What is more obvious than making use of "nature's patents" for industrial applications?

Le nuove tecnologie si rivelano di grande beneficio nel caso in cui consentano di produrre manufatti in maniera efficiente, a basso impatto ambientale e con un risparmio a livello di costo.

Possiamo citare, come esempio eccellente, un nuovo metodo a ugello rotante che consente per la prima volta ai produttori di pannelli di pretrattare pannelli in materiale composito leggeri e di grandi dimensioni con plasma a pressione atmosferica a potenziale zero (fig. 1) con un tasso di produttività elevato e con un ciclo in continuo.

La tutela delle risorse e l'efficienza energetica sono oggi considerate fra le strategie più importanti per il futuro. Raggiungere questi obiettivi richiede approcci innovativi, il cui modello si può trovare frequentemente in natura. I fili d'erba e i nidi delle api, ad esempio, possiedono una speciale struttura che è unica sia in termini di resistenza che in termini di materiale richiesto, pur avendo al contempo un peso minimo. Cosa c'è di più ovvio che fare uso dei "brevetti della natura" per le applicazioni industriali? Nella produzione dei moderni, grandi pannelli in mate-



When producing modern large plastic panels, bionics has served as a model since their initial development: honeycombs served as a model from biology (Fig. 2), plastic technology contributed with the material polypropylene (PP). Honeycomb panels are finding increasing use as the core layer for lightweight composite panels since they are water-resistant and offer high resistibility and rigidity.

The most important property, however, is without doubt their light weight. But before PP-honeycomb panels can be bonded or coated their surfaces must undergo a good pretreatment. Traditionally this is achieved by wet chemical treatment, a method in general hazardous to the environment. Only recently a new process created a stunning alternative: the pretreatment with atmospheric pressure plasma.

Cold Plasma

Plasma technology makes use of another phenomenon of nature by generating technical plasmas in imitation of natural discharges in the atmosphere. With the invention of the Openair potential-free atmospheric plasma nozzle technology in 1995 by the plasma systems manufacturer Plasmamatreat GmbH, Steinhagen, Germany, it became possible to utilize this state of matter, that had been hardly used so far in industrial production, for inline processing under normal atmosphere or, in other words, under normal air conditions. This atmospheric plasma modifies the surfaces of materials. The patented green technology, which is used worldwide today, is

rial plastico, la bionica è servita da modello sin dal principio: i nidi d'ape hanno fornito il modello biologico (fig. 2), la tecnologia della plastica ha contribuito con un materiale, il polipropilene (PP). I pannelli a nido d'ape trovano un sempre maggior uso come strato centrale dei pannelli leggeri in materiale composito, dal momento che resistono all'acqua ed offrono grande resistenza e rigidità. La caratteristica principale, comunque, è senza dubbio il loro peso leggero. Ma prima di poter incollare o rivestire i pannelli in polipropilene a nido d'ape le loro superfici devono subire un buon pretrattamento. Tradizionalmente questo si otteneva con un trattamento chimico, un metodo generalmente pericoloso per l'ambiente. Solo recentemente un nuovo processo ha fornito un'impressionante alternativa: il pretrattamento con plasma a pressione atmosferica.

Il plasma a freddo

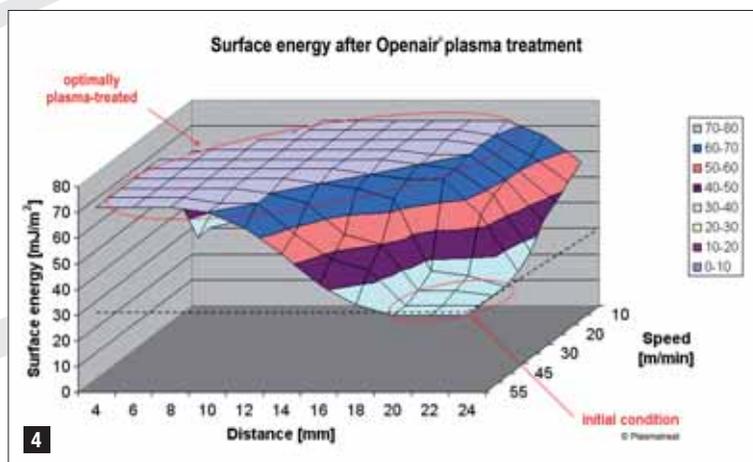
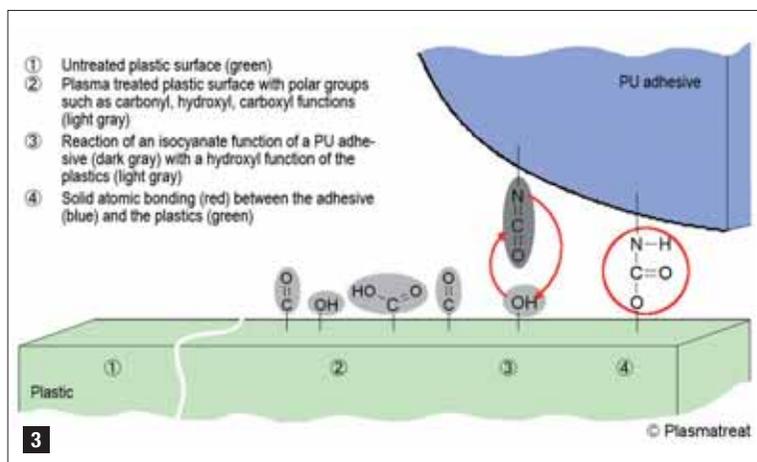
La tecnologia al plasma fa uso di un altro fenomeno naturale generando plasma tecnici su imitazione delle scariche naturali nell'atmosfera. Con l'invenzione, nel 1995, della tecnologia del plasma atmosferico a spruzzo Openair a potenziale zero ad opera del costruttore di sistemi al plasma Plasmamatreat GmbH, di Steinhagen, Germania, è stato possibile utilizzare questo stato della materia, fino a quel momento raramente utilizzato nella produzione industriale, per il trattamento in linea in condizioni atmosferiche normali, in altre parole, in condizioni di aria normale. Il plasma atmosferico modifica le superfici dei materiali. Questa tecnologia "verde" brevettata, che og-

1
With the new Openair-Plasma large panel system the narrow ribs of a plastic honeycomb can now be activated on a large area scale with no need for any primer.

Con il nuovo sistema Openair-Plasma per pannelli di grandi dimensioni le strette nervature di nidi d'ape plastici possono adesso essere attivate su vasta scala senza bisogno di soluzione di pretrattamento.

2
The natural and masterful structure of a honeycomb serves industry as a model for the core layer in composite panels.

La magistrale struttura naturale del nido d'ape serve all'industria da modello per il nucleo dei pannelli compositi.



3 Bonding process of a plasma activated plastic surface with PU adhesive.

Processo di incollaggio di una superficie plastica attivata a mezzo plasma con adesivo PU.

4 Illustration of a plastic surface that was pretreated with plasma, as a function of distance and speed. Treatment renders the surface polar, and the surface energy rises to >72 mJ/m² with a large process window.

Illustrazione di una superficie plastica pretrattata con plasma, come funzione di distanza e velocità. Il trattamento rende la superficie polare, e l'energia superficiale aumenta fino a >72 mJ/m² con un'ampia finestra di processo.

characterized by a threefold action: it activates surfaces by selective oxidation processes, discharges them at the same time and brings about microfine cleaning effect so that chemical precleaning processes can be entirely omitted.

Compared to conventional methods the Openair technique, has managed to decisively rationalize processes such as the removal of dusts adhering to the surface and the removal of mold release agents or additives from polymer materials. Even metals, when subjected to this plasma treatment, are cleaned to a microfine level. During this process organic contaminants such as greases and oils are vaporized, fragmented, and partially oxidized into carbon dioxide and water.

Increase of Surface Energy

Surface energy (mJ/m²) is the amount of energy required for breaking up chemical bonds when producing new material surfaces. It is the most important measure for assessing the probable adhesion of an adhesive layer or a surface coating. In general, plastics have a low surface energy, usually between < 28 and 40 mJ/m². Experience has shown that good prerequisites for adhesion are first achieved with surface energies greater than 38 to 42 mJ/m². With a plasma treatment the surface energy can be increased significantly due to the formation of polar groups, such as hydroxyl functions, on the surface. This process is called 'activation'. During this process, not only the wettability with a given paint or adhesive is improved, but also the creation of a covalent bond, which is a very stable atomic bond, is made possible on the surface. Secure adhesion of a coating is conditional on the surface energy of the solid material being greater than the surface tension (mN/m) of the liquid adhesive.

gi è utilizzata in tutto il mondo, è caratterizzata da una triplice azione: essa attiva le superfici attraverso processi di ossidazione selettiva, allo stesso tempo le scarica e ha un effetto di pulizia ultrafine che consente di eliminare completamente il pretrattamento chimico.

Comparata con i metodi tradizionali la tecnologia Openair è in grado di razionalizzare decisamente processi quali la rimozione dai materiali polimerici di polveri che aderiscono alla superficie e di agenti distaccanti di stampaggio e additivi. Anche i metalli, quando sottoposti al trattamento al plasma, sono puliti a livello ultrafine. Durante questo processo i contaminanti organici, quali grassi e oli, sono vaporizzati, frammentati e parzialmente ossidati in anidride carbonica e acqua.

Aumento dell'energia superficiale

L'energia superficiale (mJ/m²) è la quantità di energia richiesta per la rottura dei legami chimici quando si producono nuove superfici. È la più importante misura di valutazione della probabile adesione di uno strato adesivo o di un rivestimento superficiale. In generale, i materiali plastici hanno una bassa energia superficiale, solitamente compresa fra < 28 e 40 mJ/m². L'esperienza mostra che si raggiungono buoni prerequisiti per l'adesione in presenza di un'energia superficiale maggiore di 38 e fino a 42 mJ/m².

Con un trattamento al plasma l'energia superficiale può essere significativamente accresciuta grazie alla formazione di gruppi polari, quali funzioni idrossiliche, sulla superficie. Questo processo è chiamato "attivazione". Durante questo processo, non solo si migliora la bagnabilità con una data vernice o un dato adesivo, ma diventa possibile anche la creazione sulla superficie di un legame covalente, ossia un legame atomico molto stabile. L'adesione salda di un rivestimento è condizionata dall'energia superficiale del materiale solido essendo maggiore della tensione superficiale (mN/m) dell'adesivo liquido.

When the atmospheric pressure plasma jet strikes a plastic surface, oxygen- and nitrogen-containing functional groups are attached to the mostly nonpolar polymer matrix so that the surface is modified. This effect becomes possible by the energy-rich radicals, ions, atoms and molecular fragments existing in the plasma and releasing their energy to the surface of the material being treated - thus initiating chemical reactions. The produced functional hydroxyl, carbonyl, carboxyl and ether groups - but also the oxygen compounds of nitrogen - enter into partly very solid chemical bonds with adhesives and paints and thus help improve adhesion (Fig. 3). The typical temperature increase when treating plastic surfaces is less than 30 °C. Trials at Plasmatrete have demonstrated that energy values of over 72 mJ/m² are achievable with Openair plasma pretreatment (Fig. 4). The consequence: it is not only possible to bond previously incompatible substrates but also adhesion of water-based adhesive or paint systems on very adhesive-unfriendly surfaces such as nonpolar resins, becomes possible in the majority of cases.

Quando il getto di plasma a pressione atmosferica colpisce una superficie plastica, i gruppi funzionali contenenti ossigeno ed idrogeno si attaccano alla matrice polimerica, per lo più non polare, cosicché la superficie ne risulta modificata. Questo effetto è reso possibile da radicali, ioni, atomi e frammenti molecolari altamente energetici esistenti nel plasma che rilasciano la loro energia alla superficie del materiale che si sta trattando, dando così inizio alle reazioni chimiche. I gruppi funzionali idrossilici, carbonilici, carbossilici ed esteri così prodotti - ma anche i composti ossigeno del nitrogeno - stabiliscono legami chimici parzialmente molto solidi con adesivi e vernici, migliorandone così l'adesione (fig. 3). La temperatura tipica aumenta quando quella della superficie plastica trattata è inferiore a 30 °C. Le prove eseguite presso Plasmatrete hanno dimostrato che valori di energia oltre i 72 mJ/m² si ottengono con il pretrattamento al plasma Openair (fig. 4). Ne consegue che: non solo è possibile legare due substrati precedentemente incompatibili ma diventa anche possibile, nella maggior parte dei casi, far aderire vernici o adesivi a base acquosa a superfici scarsamente adesive, quali resine non polari.

5

The new inline plasma panel system is designed for large treatment widths and high throughputs in an automated and continuous process.

Il nuovo sistema al plasma in linea per pannelli è progettato per ampie larghezze ed elevati rendimenti in un processo automatico e in continuo.



5

© Plasmamatreat

Flat Lamination of Composites

The term “flat lamination” is commonly used to describe adhesive bonding of several material layers over a large area. In general, adhesive bonding of wood-based materials or PUR foam panels presents no problem. However, things look completely different when it comes to bonding plastic-based panels which are coming more and more into use and which are usually made from PP or PVC. On the one hand, they are supposed to offer significant benefits, such as high stability and high strength together with low weight and water resistance. On the other hand, these plastics often come with disadvantages in terms of processing. As nonpolar resins, PP and PVC have an extremely low surface energy which makes adhesive bonding practically impossible without additional activation of the surface. In the case of PVC, the plasticizers remain on the surface and must absolutely be removed before bonding. For the production of such large polypropylene composite panels, Plasmamatreat has developed and put into industrial use the world’s first system allowing plasma pretreatment of PP panels for subsequent flat lamination or coating processes in a continuous, inline production line (Fig. 5). With the new Openair large panel system, also the honeycomb core layer of a composite panel – or, more exactly, the narrow ribs of the plastic honeycomb – can now be activated

Laminazione piana di compositi

Il termine “laminazione piana” è comunemente usato per descrivere l’incollaggio di diversi strati di materiale su un’area di grandi dimensioni. In generale, l’incollaggio di materiali derivati dal legno o pannelli in schiuma di PUR non presenta alcun problema. Tuttavia, le cose cambiano completamente quando si tratta di incollare pannelli derivati dalla plastica, il cui uso è in crescita e che sono solitamente in PP o PVC. Da un lato, si suppone che portino dei vantaggi significativi, quali elevata stabilità e resistenza combinate con leggerezza e resistenza all’acqua. Dall’altro lato, questi materiali plastici comportano spesso degli svantaggi in termini di lavorazione. Come le resine non polari, PP e PVC possiedono un’energia superficiale estremamente bassa che rende l’incollaggio praticamente impossibile senza un’attivazione aggiuntiva della superficie. Nel caso del PVC, il plasticizzante rimane sulla superficie e deve essere assolutamente rimosso prima dell’incollaggio. Per la produzione di pannelli compositi in polipropilene di tali dimensioni, Plasmamatreat ha sviluppato e industrializzato il primo sistema al mondo che consente il pretrattamento al plasma in linea di pannelli in PP prima della successiva laminazione piana o del processo di rivestimento su una linea di produzione in continuo (fig. 5). Con il nuovo sistema Openair per pannelli di grandi dimensioni, anche lo strato centrale a nido d’ape di un pannello composito – o, più esattamente, le strette nervature del nido d’ape plastico – pos-



6

28 rotary nozzles, each designed for a treatment width of 100 mm, are arranged in two rows and offset from one another. In this way, up to 3 m wide panels can be activated and cleaned to a microfine level.

28 ugelli rotanti, ognuno disegnato per il trattamento di una larghezza di 100 mm, sono disposti lungo due file in modalità offset. In questo modo è possibile attivare e pulire a livello ultrafine pannelli larghi fino a 3 m.

on a large area scale with no need for any primer. For the facings bonded to the top and bottom of the honeycomb, long-time stable adhesion to the fine ribs of the honeycomb structure is of utmost importance. After plasma treatment, a solid composite of the honeycomb PP core layer with facings made from materials such as steel is also possible.

Eliminating Primer

New panel technology can be used to its full potential, however, only when components can be manufactured at low cost, used effectively and in an environmentally friendly manner in equal measure.

Until now, pretreatment of the PP or PVC composite panels was based largely on wet chemical techniques employing solvent-containing primers which pose significant problems for humans and the environment alike because of their high VOC content. These are usually applied to the core layer manually. Even though they are sprayed or rolled on, these methods always lead to certain irregularities during application which is never really uniform. Adding to this is the problem that, when using primers, the temperature of the material being treated must be given due attention.

A change to solvent-free primers would in principle be possible but would require much more energy for these water-based adhesive primers during processing.

After application of the primer, the water contained therein migrates to the surface and must then be removed from large areas. This is accomplished with the aid of radiant heaters or hot air, both of which require a great deal of expensive energy. In addition, this limits the feed rate in the production line, and the systems must be operated more slowly.

sono adesso essere attivate su vasta scala senza bisogno di alcuna soluzione di pretrattamento. Per i rivestimenti incollati sul fronte e sul retro del nido d'ape, un'adesione stabile e di lunga durata alle sue sottili nervature è di estrema importanza. Dopo il trattamento al plasma, è possibile anche ottenere un pannello composito fatto di uno strato centrale di nido d'ape in PP con ricoperture in materiali come l'acciaio.

Eliminazione del primer chimico

La nuova tecnologia di rivestimento dei pannelli può essere utilizzata sfruttando tutto il suo potenziale solo quando i componenti possono essere prodotti a basso costo, in maniera efficace e a basso impatto ambientale in egual misura. Fino ad ora, il pretrattamento di pannelli compositi in PP o PVC si basava in larga parte su tecnologie chimiche umide che utilizzavano soluzioni a base di solvente che ponevano problemi importanti in relazione alla salute umana e ambientale a causa dell'elevato contenuto di COV. Queste soluzioni preparatorie erano solitamente applicate allo strato centrale in modo manuale. Anche se spruzzate o spalmate, questi metodi comportavano sempre irregolarità durante l'applicazione, mai realmente uniforme. Oltre a questo problema bisognava porre particolare attenzione, in caso di utilizzo di una soluzione preparatoria, alla temperatura del materiale da trattare.

Il cambiamento in favore di soluzioni di pretrattamento prive di solventi sarebbe stato inizialmente possibile ma avrebbe richiesto l'impiego di molta più energia durante il ciclo di trattamento con queste soluzioni acquose promotrici di adesione. Dopo l'applicazione della soluzione di pretrattamento, l'acqua in essa contenuta migra verso la superficie e deve quindi essere rimossa dalle aree di grandi dimensioni. Ciò è possibile con l'aiuto di riscaldatori radianti o aria calda, entrambi i quali richiedono un largo impiego di costosa energia.

None of the above problems occur with this plasma method. With this reproducible and environmentally benign process, the surface energy is not only increased severalfold by plasma treatment but can also be defined exactly. The cleaning or activation of the surface is always uniform, regardless of the temperature of the material, and since the surface energy remains constant, faster production is possible. During this process, the operating states of the plasma are monitored by a multitude of sensors (process control function) which are integrated in the technical equipment of the system. And not to be forgotten: the operating personnel on the production line are no longer exposed to any health risk.

High-Tech Solution

With the newly developed rotary nozzle technology, it is possible for the first time to carry out inline plasma pretreatment over a width of up to approx. 3 m at very high processing speeds of 25 m/min during continuous production. The system is equipped with 28 adjacent plasma nozzles of type RD 1010 which are offset in two rows and designed in a way that permits pretreatment of panels with a width of up to 3 m (Fig. 6).

The entire system can be first adjusted to the height at which the panels are to be pretreated. The panels are transported through the pretreatment system on a conveyor belt with the ability to adjust precisely for height differences of 1 mm in the plasma system. The system detects the width of the panels to be pretreated automatically and enables only the appropriate plasma nozzles for the current application. The entire system has been designed to be service-friendly by allowing the plasma nozzles to be adjusted to the desired height for maintenance, and can be accessed via two bridges.

Conclusion

The world's first inline plasma system of the type and size described here simultaneously represents a breakthrough for future cost effective production of PP composite panels. And more: In addition to the high throughput, it will now also be possible in the future, because of plasma treatment of large areas, to exchange the core material in panels for far lower-cost materials such as recycled plastics. Recycled plastics and wood/plastic composites (WPC) have largely difficult-to-bond surfaces which made them almost impossible to use for high-speed industrial processes in the past. ■

Inoltre, questo limita il tasso di alimentazione della linea produttiva, e il sistema deve lavorare più lentamente.

Nessuno dei problemi sopra esposti si verifica con il metodo al plasma. Con questo processo riproducibile e ecocompatibile, non solo l'energia superficiale aumenta di svariate volte ma può anche essere definita in modo esatto. La pulizia o l'attivazione della superficie è sempre uniforme, a prescindere dalla temperatura del materiale, dal momento che l'energia superficiale rimane costante, è possibile una produzione più rapida. Durante questo processo, gli stati operativi del plasma sono monitorati da una moltitudine di sensori (funzione di controllo di processo) integrati nell'apparecchiatura tecnica del sistema. E, da non dimenticare: il personale operativo sulla linea produttiva non è più esposto a rischi per la salute.

Una soluzione ad alta tecnologia

Con la tecnologia recentemente sviluppata dell'ugello rotante, è possibile per la prima volta eseguire il pretrattamento al plasma in linea su una larghezza fino a circa 3 m, a velocità di lavorazione molto alte di 25 m/min durante produzioni in continuo. Il sistema è equipaggiato con 28 ugelli al plasma adiacenti, di tipo RD 1010, posizionati in modalità *offset* lungo due file e progettati in modo da permettere il pretrattamento di pannelli larghi fino a 3 m (fig. 6). L'intero sistema può essere inizialmente tarato in base all'altezza alla quale i pannelli devono essere pretrattati. I pannelli sono trasportati attraverso il sistema di pretrattamento su un nastro trasportatore in grado di regolare precisamente differenze di altezza di 1 mm. Il sistema individua automaticamente la larghezza dei pannelli da pretrattare e abilita solo gli ugelli al plasma appropriati per l'applicazione corrente. L'intero sistema è stato progettato per essere di facile manutenzione, consentendo la regolazione automatica degli ugelli al plasma all'altezza desiderata per la loro manutenzione; inoltre si può accedere ad essi attraverso due ponti.

Conclusioni

Il primo sistema al mondo di plasma in linea del tipo e delle dimensioni appena descritte rappresenta contemporaneamente una svolta per una futura produzione efficiente dal punto di vista dei costi di pannelli compositi in PP. E ancora: oltre all'elevato rendimento, d'ora in avanti sarà possibile, grazie al trattamento al plasma di aree di grandi dimensioni, cambiare il materiale centrale nei pannelli con materiali a più basso costo, come la plastica riciclata. Plastica riciclata e compositi legno /plastica (WPC) hanno grandi superfici difficili da incollare, il che, in passato, ne rendeva praticamente impossibile l'utilizzo per processi industriali ad alta velocità. ■



Openair[®]

Atmospheric Plasma Technology

Effective on the surface. Efficient beyond.

Plasmatreat Italia s.r.l.
Tel. +39 (0) 41 5314727
www.plasmatreat.it



plasmatreat
solutions on top

Headquarters: Plasmatreat GmbH
Tel. +49 (0) 5204 9960-0
www.plasmatreat.de