



Secure adhesion without the use of primer

Inès A. Melamies, specialized journalist

AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ATMOSPHERIC PLASMA TECHNIQUE MAKES PRETREATMENT OF LARGE, LIGHTWEIGHT COMPOSITE PANELS POSSIBLE AT HIGH SPEED AND IN CONTINUOUS FLOW

Recycled plastics and wood/plastic composites have predominantly hard-to-bond surfaces which in the past made them almost impossible to use for industrial processes. A new inline plasma system is considered a breakthrough in the search for a cost-effective solution to the production of composite panels. The rotary nozzle method now makes it possible for the first time to pretreat large and lightweight composite panels with potential-free atmospheric pressure plasma at high speeds in a continuous process.

Bionics provided the inspiration for the manufacturing of modern plastic panels (Fig. 1) right from their initial development: Nature supplied the structure in the form of honeycomb (Fig. 2), plastics technology supplied polypropylene (PP). Honeycomb panels are finding increasing use as the core layer in lightweight composite panels since they are waterproof throughout and offer high resistance and rigidity. The most important property, however, is without doubt their light weight.

But new panel technology can only reach its full potential when parts manufacturing is efficient, cost-effective and environmentally friendly in equal measure. Up until now, the pretreatment of PP or PVC composite panels has largely relied on wet chemical methods using

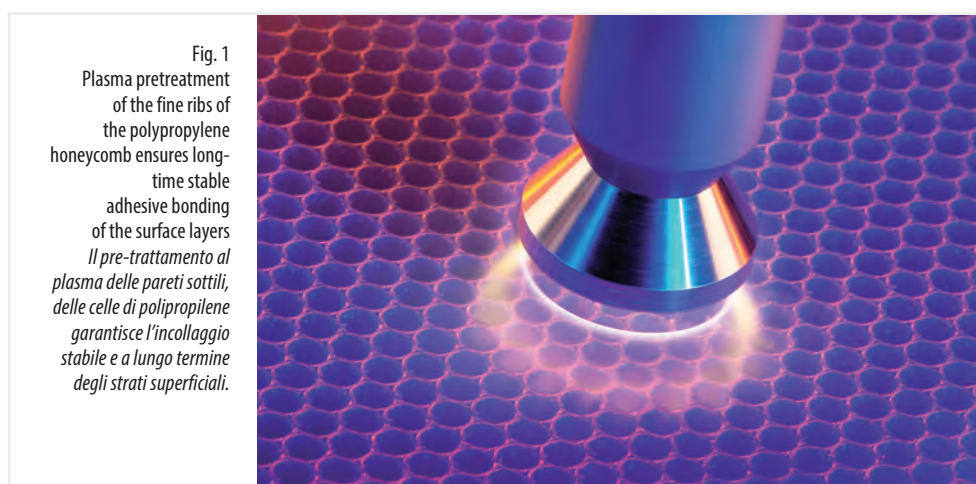


Fig. 1
Plasma pretreatment of the fine ribs of the polypropylene honeycomb ensures long-time stable adhesive bonding of the surface layers
Il pre-trattamento al plasma delle pareti sottili, delle celle di polipropilene garantisce l'incollaggio stabile e a lungo termine degli strati superficiali.

Adesione sicura senza l'uso di primer

Inès A. Melamies, giornalista

UNA TECNICA ECO-COMPATIBILE AL PLASMA ATMOSFERICO RENDE POSSIBILE IL PRE-TRATTAMENTO DI GRANDI PANNELLI COMPOSITI A PESO RIDOTTO AD ALTA VELOCITÀ E CON PROCESSO CONTINUO

Le plastiche riciclate e i compositi in legno-plastica sono quasi sempre caratterizzati da superfici difficili da incollare che nel passato li hanno resi quasi impossibili da usare per i processi industriali. Un nuovo sistema in linea al plasma è considerato rivoluzionario per la ricerca di una soluzione vantaggiosa in termini di costi per la produzione di pannelli in materiale composito.

Il metodo a ugello rotante rende ora possibile per la prima volta il pre-trattamento di pannelli grandi e a peso ridotto con plasma a pressione atmosferica senza

potenziale ad alte velocità e con processo continuo.

La bionica ha fornito l'ispirazione per la produzione dei pannelli moderni di plastica (Fig. 1) già a partire dallo sviluppo iniziale. La natura ha fornito l'esempio per la struttura alveolare a nido d'ape (in inglese 'honeycomb') (Fig. 2), la tecnologia plastica ha fornito il polipropilene (PP). I pannelli honeycomb vengono usati sempre più frequentemente come strato primario nei pannelli compositi a peso ridotto perché sono generalmente impermeabili e offrono elevata resistenza e rigidità. La

caratteristica più importante tuttavia, è senz'altro il peso ridotto. Tuttavia, la nuova tecnologia dei pannelli è in grado di raggiungere il suo massimo potenziale se si può ottenere una produzione di pezzi allo stesso tempo efficiente, vantaggiosa in termini di costi ed eco-compatibile.

Fino ad oggi, il pre-trattamento dei pannelli compositi in PP o PVC è stato effettuato prevalentemente con metodi chimici umidi con l'aiuto di primer contenenti solventi, nocivi sia per gli esseri umani che per l'ambiente a causa delle emissioni elevate di COV.

I primer vengono generalmente applicati a mano allo strato primario con spruzzatura o laminazione. Le irregolarità sono inevitabili perché con questo metodo è molto difficile ottenere un'applicazione uniforme.

Un problema supplementare è rappresentato dalla necessità di osservare molto precisamente la temperatura del materiale sottoposto al trattamento durante l'uso dei primer.

Sostanzialmente sarebbe possibile usare primer adesivi dispersi in acqua senza solventi ma richiedono molta più energia durante la

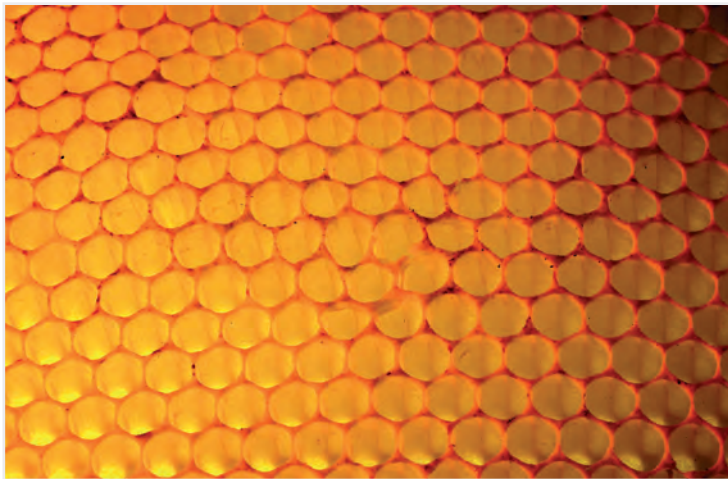


Fig. 2
The ingenious, natural structure of a honeycomb provides industry with the inspiration for the core layer in composite panels
La perfetta struttura naturale del favo ha fornito all'industria l'ispirazione per lo strato centrale dei pannelli compositi

energy. In addition, this limits the feed rate in the production line, and consequently the systems have to be operated more slowly. None of the above problems occur with atmospheric pressure plasma pretreatment.

The 4th state of matter

Plasma technology makes use of another natural phenomenon in the form of technical plasmas which imitate natural discharges in the atmosphere. Plasma is based on a simple physical principle. States of matter change when energy is applied: from solid to liquid and from liquid to gas. If further energy is added to a gas it becomes ionized, i.e. the electrons gain more kinetic energy and leave their atomic shells. This gives rise to

solvent-based primers which are harmful to both humans and the environment due to their high VOC emissions. These are usually applied manually to the core layer by spraying or rolling. Since it is very difficult to achieve a uniform application with this method, irregularities are inevitable. The need to pay careful attention to the temperature of the material being treated when using these primers poses an additional problem.

In principle it would be possible to switch to water-based adhesive primers which are solvent-free, but these require much more energy during processing. Once the primer has been applied, the water within it migrates to the surface and must then be removed again across the entire treatment zone. This is accomplished with the aid of radiant heaters or hot air, both of which require a great deal of expensive

free electrons, ions and molecular fragments, transforming the gas into plasma — the so called '4th state of matter'. (Fig. 3) In the past, however, this state could hardly be used at normal pressure because of its instability.

The invention of the patented Openair atmospheric pressure plasma jet technology by the German manufacturer Plasmatec almost 20 years ago opened up a host of new possibilities. Through the development and use of plasma nozzles it became possible for the first time to integrate inline into industrial production processes a state of matter that had historically almost never been used, and make plasma a feasible option for the large-scale pretreatment of material surfaces under normal air conditions. Thus an environmentally friendly pretreatment technique was invented which needs only air as the process gas and

lavorazione. Dopo l'applicazione del primer, l'acqua contenuta al suo interno si trasferisce alla superficie e deve quindi essere rimossa di nuovo in tutta la zona di trattamento. Questo si ottiene con l'aiuto di elementi riscaldanti o di aria

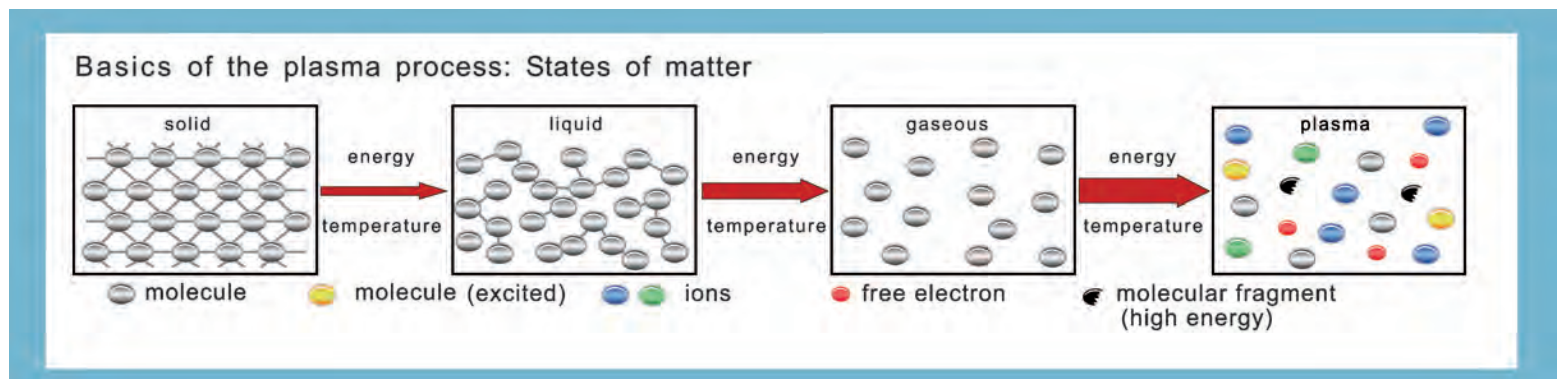
calda, entrambi i quali richiedono grandi quantità di costosa energia. Questo sistema limita inoltre la velocità di avanzamento nella linea di produzione e quindi i sistemi devono essere fatti funzionare più lentamente. Nessuno dei problemi prece-

dentemente menzionati si presenta con il trattamento al plasma atmosferico.

Il quarto stato della materia
La tecnologia al plasma si serve di un altro fenomeno naturale, creando plasma tecnici che imitano

le scariche naturali nell'atmosfera. Il plasma si basa su un semplice principio fisico. Gli stati della materia cambiano applicando energia: passano dallo stato solido al liquido e dal liquido al gas. Aggiungendo ulteriore energia al gas, quest'ultimo

Fig. 3
Plasma: the 4th state of matter / Il plasma: il quarto stato della materia



electrical energy.

This technology, which is used today in industrial applications throughout the world, is characterized by a threefold action: the plasma activates surfaces through controlled oxidation processes – thus increasing the surface energy – and discharges them at the same time. Simultaneously the plasma provides a microfine cleaning effect on the surfaces of materials such as metals, plastics, ceramics and glass. The dual effect of strong activation and simultaneous microfine cleaning far outweighs the effectiveness of conventional systems. The results are a homogeneous paint finish and long-time stable adhesion of coatings even under the most challenging load conditions.

Activation

Surface energy 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 $< 28 \text{ mJ/m}^2$ and 40 mJ/m^2 ; too low for good adhesion. With plasma activation the surface energy can be increased significantly. Openair plasma technology even allows energy values of $> 72 \text{ mJ/m}^2$. This not only dramatically improves the wettability of the surface, it also makes it possible to reliably bond previously incompatible substrates, for instance water-based adhesive or paint systems to very adhesive-resistant surfaces such as nonpolar plastics. The typical temperature increase when treating plastics is less

si ionizza, ovvero gli elettroni acquistano maggiore energia cinetica e abbandonano la struttura atomica. Questo genera elettroni, ioni e frammenti molecolari liberi, trasformando il gas in plasma – detto anche 'il quarto stato della materia'. (Fig. 3)

Nel passato tuttavia, questo stato della materia era utilizzabile a pressione atmosferica in modo molto limitato, data la sua instabilità. La tecnologia del plasma atmosferico Openair, sviluppata e brevettata quasi 20 anni fa dal produttore tedesco Plasmatrete, ha dato vita a una serie di nuove possibilità. Lo sviluppo e l'uso degli ugelli del plasma hanno reso possibile per la prima volta integrare in linea nei processi di produzione industriale uno stato della materia che di fatto non era stato quasi mai usato prima, rendendo il plasma un'opzione realizzabile per il pre-trattamento su vasta scala di superfici dei materiali a condizioni d'aria normali. È stata così inventata una tecnica di pre-trattamento eco-compatibile che necessita solo di aria come gas di lavorazione e di energia elettrica.

Questa tecnologia, usata oggi in applicazioni industriali in tutto il mondo, è caratterizzata da una tripla azione: il plasma attiva le superfici con processi d'ossidazione controllata, incrementando così l'energia di superficie e allo stesso tempo scaricando le superfici. Allo stesso tempo, il plasma ha un effetto detergente micro-fine sulle superfici di materiali come metalli, plastiche, ceramiche e vetro. Il duplice effetto d'intensa attivazione e contemporanea micro-pulizia supera notevolmente l'efficacia dei sistemi convenzionali. Il risultato è costituito da una finitura omogenea della vernice e dall'adesione stabile e a lungo termine del rivestimento, anche alle condizioni d'uso più difficili.

Attivazione

L'energia di superficie è l'indice di misura più importante per valutare l'adesione prevista di uno strato adesivo su un rivestimento di protezione.



Fig. 4
Flat lamination line
with high speed
Openair-Plasma
(middle) pretreatment
at the South
German composite
manufacturer Wihag
Composites
Linea di "laminazione di
pannelli piani" con pre-
trattamento al plasma
Openair ad alta velocità
(al centro) presso
Wihag Composites,
produttore di compositi
della Germania
meridionale

are completely neutralized. This renders a treated plastic part incapable of attracting contaminants from the ambient air during the production process; it can be coated or bonded immediately.

Microfine cleaning

By employing the atmospheric plasma technique, Plasmatreat has managed – in contrast to conventional methods – to effectively streamline processes such as the removal of surface dust, release agents or additives from polymer materials. Even metals, when subjected to 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.

Flat lamination

The term 'flat lamination' is used to describe the 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, it's a completely different matter when it comes to bonding increasingly common plastic-based panels, usually made from PP or PVC. They are required to offer significant benefits, such as high stability and high strength combined with low weight and water

than 30 °C. Due to a specific nozzle design the treatment space on the substrate surface remains virtually electrically neutral, thus allowing even very sensitive electronic components to be activated.

Discharge

In technical terms a plasma state is described as an electrically conductive gas. When the potential-free plasma beam strikes the surface, the electrical charge carriers of the statically charged workpiece dissipate to earth, in other words, the electrostatically charged material surfaces

In generale, le plastiche hanno un'energia di superficie bassa, generalmente tra < 28 mJ/m² e 40 mJ/m²; troppo bassa per una buona adesione. Con l'attivazione al plasma, l'energia di superficie può essere aumentata notevolmente.

La tecnologia al plasma Openair permette anche di ottenere valori di energia di > 72 mJ/m².

Questo non solo migliora nettamente la bagnabilità della superficie ma consente anche l'adesione affidabile di substrati prima incompatibili, per esempio gli adesivi a base acqua o i sistemi di verniciatura per superfici difficili, come le plastiche apolari.

L'aumento tipico di temperatura durante il trattamento della plastica è inferiore a 30 °C.

Grazie alla struttura particolare dell'ugello, lo spazio di

trattamento sulla superficie del substrato rimane praticamente neutro dal punto di vista elettrico, consentendo quindi l'attivazione anche di componenti elettronici molto sensibili.

Cariche elettrostatiche

Nella terminologia tecnica, lo stato del plasma si definisce come un gas elettricamente conduttivo. Quando il fascio di plasma a basso potenziale colpisce la superficie, le cariche elettrostatiche presenti in superficie vengono dissipate a terra, ovvero le superfici del materiale dotate di carica elettrostatica vengono completamente neutralizzate.

Questo impedisce a un componente plastico trattato al plasma di attrarre inquinanti dall'aria che lo circonda durante il processo di

produzione; può essere rivestito o incollato immediatamente.

Micro-pulizia

Con l'uso della tecnica del plasma atmosferico al posto dei procedimenti tradizionali, Plasmatreat è riuscita a razionalizzare in misura decisiva processi come la rimozione di polvere superficiale, agenti distaccanti o additivi da materiali polimeri.

Anche i metalli sottoposti al trattamento al plasma sono sottoposti a una micro-pulizia. Durante questo processo, inquinanti organici come grassi e oli vengono vaporizzati, frammentati e parzialmente ossidati e trasformati in anidride carbonica e acqua.

Laminazione di pannelli piani

Il termine 'laminazione di pannelli

piani' si usa per descrivere l'incollaggio di vari strati di materiale su grandi superfici. In generale, l'incollaggio di materiali a base di legno o di pannelli in schiuma PUR non costituisce un problema. Tuttavia, le cose cambiano completamente se si tratta d'incollare pannelli polimerici d'uso sempre più comune, generalmente realizzati in PP o PVC.

Da un lato offrono grandi vantaggi, come elevata stabilità e resistenza associate a peso ridotto e idrorepellenza. Dall'altro presentano svantaggi in termini di lavorazione. In quanto plastiche apolari, il PP e il PVC hanno un'energia di superficie estremamente bassa, che rende quasi impossibile l'incollaggio se non si attiva prima la superficie. Nel caso del PVC, tutte le tracce degli additivi che



Fig.5
The rotary nozzle system incorporates 28 plasma jets staggered in two rows, allowing inline activation and microfine cleaning of composite panels over a width of up to 3m at high speed just before the bonding or coating process
Il sistema a ugello rotante comprende 28 plasma jet disposti su due file sfalsate che consentono l'attivazione in linea e la micro-pulizia dei pannelli composti di larghezza fino a 3 metri ad alta velocità, immediatamente prima del processo d'incollaggio o di rivestimento

resistance. At the same time they pose disadvantages in terms of processing.

As nonpolar plastics, PP and PVC have an extremely low surface energy which makes it virtually impossible to achieve an adhesive bond without additionally activating the surface. In the case of PVC, all traces of additives remaining on the surface must be

removed before bonding.

Adhesion of honeycomb composites

For the production of honeycombs and other hard-to-bond and composite panels, Plasmatreat has developed and put into industrial use a system which allows the high-speed plasma pretreatment of large panels

prior to subsequent adhesive bonding or coating processes in a continuous inline process. (Fig. 4) With this system, the honeycomb core layer of a composite panel – or, more precisely, the narrow ribs of the plastic honeycomb – can now be activated on a large scale without the need for any primer. It is essential to ensure that a long-time stable bond is achieved between the surface layers and the fine ribs at the

top and bottom of the honeycomb structure. After plasma treatment, it is even possible to produce a solid composite comprising a honeycomb PP core bonded to steel.

This reproducible, secure and environmentally save process not only greatly increases the surface energy; it also allows it to be precisely defined. 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. The operating states of the plasma are monitored by a multitude of sensors (process control function) engineered into the system. And of course the operating personnel on the production line are no longer exposed to any health risks.

High-Speed Solution

The rotary nozzle technique, which incorporates 28 plasma

rimangono in superficie devono assolutamente essere rimosse prima dell'incollaggio.

Adesione di compositi alveolari a nido d'ape

Per la produzione di alveolari a nido d'ape e di altri pannelli difficili da incollare e in materiali compositi, Plasmatreat ha sviluppato e reso utilizzabile a livello industriale un sistema che consente il pre-trattamento con plasma ad alta velocità di grandi pannelli prima del successivo processo di adesione o di rivestimento in un processo in linea continuo (Fig. 4). Con questo sistema, lo strato primario a forma di cella alveolare di un pannello composito, o più precisamente le pareti strette della cella di plastica, possono ora essere attivate su larga scala

senza che siano necessari primer. È d'importanza essenziale accertarsi di avere raggiunto un'adesione stabile a lungo termine tra gli strati superficiali e le pareti sottili in cima e in fondo alla struttura della cella.

Dopo il trattamento al plasma è possibile anche produrre un composito solido che comprende un nucleo a cella alveolare in PP incollato all'acciaio. Questo processo riproducibile, sicuro ed eco-compatibile non solo aumenta notevolmente l'energia della superficie ma permette anche di definirla precisamente. La pulizia o

l'attivazione della superficie è sempre uniforme, indipendentemente dalla temperatura del materiale e dato che l'energia della superficie rimane costante, è possibile avere una produzione più veloce. Gli stati operativi del

plasma sono monitorati da una serie di sensori (funzione di controllo del processo) integrati nel sistema.

Oltre a questo, il personale addetto alla lavorazione della linea di

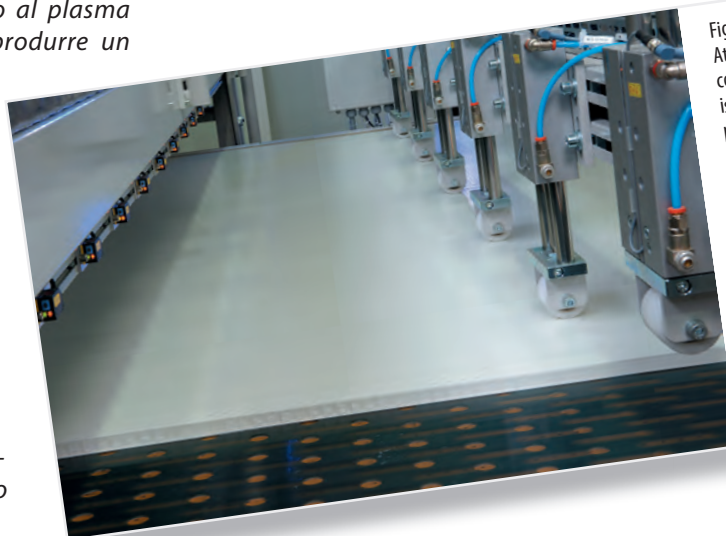


Fig. 6
At 25m/min the composite panel is entering the plasma station in continuous flow
Il pannello composito entra nella stazione del plasma con processo continuo a 25 m/min

jets staggered in two rows (Fig. 5), makes it possible for the first time to carry out inline plasma pretreatment over a width of up to 3 meters at a very high processing speed of 25 m/min in continuous flow (Fig. 6). The entire system can be adjusted beforehand to the height at which the panels are to be pretreated. The panels are transported through the pretreatment system on a conveyor belt which is able to accurately adapt to height differences in the plasma system of just 1 mm. The system automatically detects the width of the panels to be pretreated and activates only those plasma nozzles which are actually needed. The entire system has been designed with ease of servicing in mind —the plasma jets can be

adjusted to the desired height for maintenance and the system be accessed via two bridges.

Conclusion

The world's first inline plasma system of the type and size described here represents a breakthrough for the future cost-effective production of PP composite panels. Apart from the high throughput, the pretreatment of large areas will also enable the core material in panels to be replaced with far lower-cost materials such as recycled plastics. Recycled plastics and wood/plastic composites (WPC) in particular have hard-to-bond surfaces which made them almost impossible to use for high-speed industrial processes in the past.

produzione non è più esposto a rischi per la salute.

Soluzione ad alta velocità

La tecnica a ugello rotante, che comprende 28 plasma jet sfalsati su due file (Fig. 5), rende possibile per la prima volta eseguire il pre-trattamento al plasma in linea per una larghezza fino a 3 metri alla velocità di lavorazione estremamente elevata di 25 m/min. con un processo continuo in linea. (Fig. 6) L'intero sistema può essere pre-regolato, portandolo all'altezza alla quale i pannelli devono essere pre-trattati.

I pannelli vengono trasportati attraverso il sistema di pre-trattamento su un nastro convogliatore, che è in grado di adattare precisamente di 1 mm differenze d'altezza nel sistema al plasma. Il sistema rileva automaticamente la larghezza dei pannelli da pre-trattare e attiva solo gli ugelli del plasma effettivamente necessari.

L'intero sistema è stato progettato

pensando alla facilità d'uso — i plasma jet possono essere portati all'altezza desiderata per eseguire la manutenzione e si può accedere al sistema tramite due ponti.

Conclusioni

Il sistema al plasma in linea usato per la prima volta al mondo nel tipo e nelle dimensioni qui descritte è un prodotto rivoluzionario per la futura produzione vantaggiosa in termini di costi dei pannelli compositi in PP. Oltre all'aumento della produzione, il pre-trattamento di grandi aree consentirà anche la sostituzione del materiale del nucleo dei pannelli con materiali a costo notevolmente più inferiore, come le plastiche riciclate. Le plastiche riciclate e i compositi legno/plastica (WPC) in particolare, sono caratterizzati da superfici difficili da incollare che nel passato li rendevano quasi impossibili da usare per i processi industriali ad alta velocità.