

PLASMA FOR SPECTACULAR RESULTS

Plasma per risultati spettacolari



© tamtam-photo.com

A team of Italian researchers has developed and patented a revolutionary new impregnation process which uses atmospheric plasma technology to bring about a sixfold increase in the amount of adsorbable wax on the running surface of racing skis.

Every thousandth of a second counts. Extreme skiers such as Italian Simone Origone hurl down the slope without any protective car bodywork or sophisticated braking systems and safety engineering. When the world champion speed skier clocked up 252,632 km/h (156.978 mph) in Vars in the French Alps on 3 April 2015, he relied on nothing other than himself and his perfectly prepared skis (**Ref. opening picture**). And it's no different for his fellow downhill Olympic skiers. Although they reach top speeds of only 130 km/h to 160 km/h, the courses are three or four times longer and present no less of a challenge to ski base impregnation.

Opening picture: When hurling down the slope at 252 km/h speed skiers like Simone Origone have to rely on their perfectly prepared ski bases.

Foto d'apertura: quando affrontano la discesa a 252 km/h, gli sciatori agonisti come Simone Origone devono poter contare su solette per sci trattate al meglio.

An innovative idea

Modern racing skis are high-tech products. The multi-layered sandwich constructions comprise a combination of materials which varies depending on the manufacturer and remains a closely guarded secret. Be it fiberglass or synthetic laminates, rubber, metal

Un team di ricercatori italiani ha sviluppato e brevettato un nuovo processo d'impregnazione che si serve di una tecnologia al plasma atmosferico per aumentare di sei volte la quantità adsorbibile di sciolina sulle superfici di scorrimento degli sci da gara. Anche un millesimo di secondo conta. Gli sciatori estremi come l'italiano Simone Origone gareggiano senza la protezione offerta dalla carrozzeria di un'auto o da una sofisticata tecnica di freni e sicurezza. Quando il 3 aprile 2015 a Vars, in Francia, il campione mondiale di discesa in velocità è sceso dal percorso di gara a 252,632 km all'ora, si è dovuto affidare solo a sé stesso e ai suoi sci, perfettamente trattati (**foto d'apertura**). La stessa cosa vale per i suoi colleghi, gli sportivi della discesa libera olimpica. In questo caso si raggiungono "solo" velocità massime da 130 km/ora a 160 km/ora, ma i tratti da percorrere sono dalle tre alle quattro volte più lunghi e i requisiti richiesti all'impregnazione delle solette degli sci non sono inferiori.

Un'idea innovativa

Gli sci da gara odierni sono prodotti *high-tech*. Le costruzioni a *sandwich* multistrato contengono materiali la cui scelta e composizione esatta costituiscono un segreto dei produttori ben conservato. Sia che si tratti di fibra ottica, laminato di plastica, gomma, inserti metallici o del prezioso



inserts or an engineered wooden core — each layer of material is responsible for a specific performance characteristic.

In 2013 Dino Palmi, president of SKI MAN, the Italian Association of ski service technicians, contacted Plasma Nano-Tech, the in-house research department of Turin-based science and technology center Environment Park S.p.A. (**Fig. 1**). He suggested to plasma researchers Dr. Domenico D'Angelo and Elisa Aimo Boot that plasma might be able to modify the characteristics of ski bases to boost wax adsorption.

Palmi is regarded as an expert in his field. He has extensive experience not just in ski preparation but also in the manufacturing process that lies behind the sintered UHMWPE (ultra-high-molecular-weight polyethylene) running surfaces of racing skis. Palmi was convinced that plastic residues in the molecular base structure generated during the sintering process have a negative impact on wax adsorption. He hoped that this contamination could be removed by fine cleaning with atmospheric pressure plasma.



A pool of experts

Giovanni Zambon, director of Plasmateat's Italian subsidiary, had presented the company's two plasma processes Openair-Plasma and PlasmaPlus to the Environment Park already in mid-2012 and project manager D'Angelo decided that the "PlasmaSki" research project should be based on these atmospheric plasma technologies (**Fig. 2**). The aim was to maximize the amount of adsorbable wax and to strengthen the physical structure of the polyethylene ski base by applying a nanocoating. This, it was hoped, would delay friction and heat-induced breakdown of the base structure arising from extreme stresses.

Ski expert Palmi explained to the team that the wax needed to achieve high speeds rubbed off very quickly and the ski base was often worn right down to the substrate. This could ultimately cause the ski base microstructure to break down (**Fig. 3**). When this occurred, the ski could no longer be waxed. The surface of the base would then

so nucleo in legno, ogni strato di materiale determina una precisa caratteristica di performance degli sci.

Nel 2013 Dino Palmi, presidente di "Skiman", l'associazione italiana delle imprese di preparazione allo sci, si è rivolto al dipartimento "Plasma Nano-Tech" del centro scientifico e tecnologico Environment Park S.p.A. di Torino (**fig. 1**). L'idea che ha presentato ai ricercatori nel campo delle tecnologie del plasma, a Domenico D'Angelo e alla sua collega Elisa Aimo Boot era modificare le caratteristiche delle solette degli sci rendendole in grado di adsorbire una

maggiore quantità di sciolina con l'aiuto del plasma. Palmi è considerato un esperto del campo. La sua pluriennale esperienza comprende non solo il trattamento, ma anche il processo di produzione delle superfici di scorrimento sinterizzate di UHMWPE (polietilene ad altissimo peso molecolare) degli sci da gara.

Palmi era convinto che i residui di plastica nella struttura molecolare delle solette generati durante il processo di sinterizzazione influissero negativamente sull'adsorbimento di sciolina. Sperava che l'effetto di micro-pulizia del plasma atmosferico potesse eliminare questi inquinanti.

Il gruppo di esperti

Giovanni Zambon, direttore della filiale italiana di Plasmateat, già a metà 2012 ha presentato all'Environment Park i due processi al plasma della sua azienda, Openair-Plasma e PlasmaPlus, e il Project Manager D'Angelo ha stabilito che il progetto di ricerca "PlasmaSki" sarebbe stato basato su queste tecnologie di plasma atmosferico (**fig. 2**). L'obiettivo era massimizzare la quantità di sciolina adsorbibile e potenziare la struttura fisica delle solette degli sci in polietilene applicando un nano-rivestimento. Si sperava che questo avrebbe ritardato il collasso della struttura delle solette dovuto all'attrito e al calore prodotti in condizioni di stress della soletta.

L'esperto di sci Palmi ha spiegato al team che la sciolina necessaria per raggiungere alte velocità si consuma velocemente e che spesso le solette degli sci si deteriorano fino al substrato. Ne consegue il collasso della microstruttura delle solette degli sci (**fig. 3**). Quando questo succede non è più possibile effettuare la sciolinatura degli sci. La superficie delle solette deve essere levigata a macchina fino al punto in cui i pori della pla-

1

The science and technology center Environment Park S.p.A. in Turin, Italy.

Il centro scientifico e tecnologico Environment Park S.p.A. di Torino.

2

Project manager Dr. Domenico D'Angelo inspects the ski's polyethylene running surface.

Il direttore della progettazione Domenico D'Angelo analizza la superficie di scorrimento degli sci in polietilene.



2

© Environment Park

3

Micro-cavities in the three-dimensional honeycomb structure have collapsed: At this stage it is no longer possible to apply wax.

Le micro-cavità nella struttura micro-alveolare tridimensionale sono collassate. In questa fase non è più possibile la sciolinatura.



3

© Scuola Skiman

4

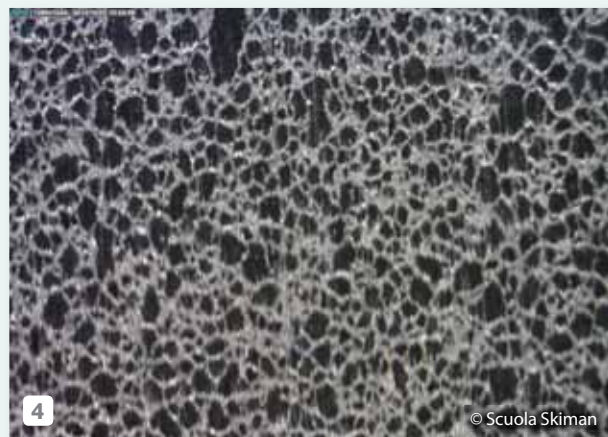
The sintered UHMWPE structure of the ski base before treatment. Blockages and dust have accumulated in the micro-cavities.

La struttura sinterizzata in UHMWPE delle solette degli sci prima del trattamento: nelle microcavità si sono accumulati blocchi e polvere.

have to be machine-ground to the point where the pores in the plastic reopened and were able to take up a fresh application of wax. However, the structure of the UHMWPE surface can adsorb wax only up to a certain point. This is due partly to the production process, and partly the preparation process.

Racing skis are prepared using different layers of wax. Usually a hydrocarbon wax is applied first using a thermal process to create a base layer which penetrates deep into the surface cavities. This is then followed by a second fluorocarbon wax designed to increase speed. During a race, the outer layer of wax wears off after 200 to 300 meters, depending on the frictional characteristics of the piste. As soon as this happens, the base layer of wax kicks in to maintain performance for as long as possible and delay the collapse of micro-cavities in the three-dimensional honeycomb structure of the UHMWPE. This layer of wax eventually wears down too in the end.

The question the experts had to cope with was how to increase wax absorption and delay collapse of the base microstructure without changing the established hot-waxing process itself?



4

© Scuola Skiman

5

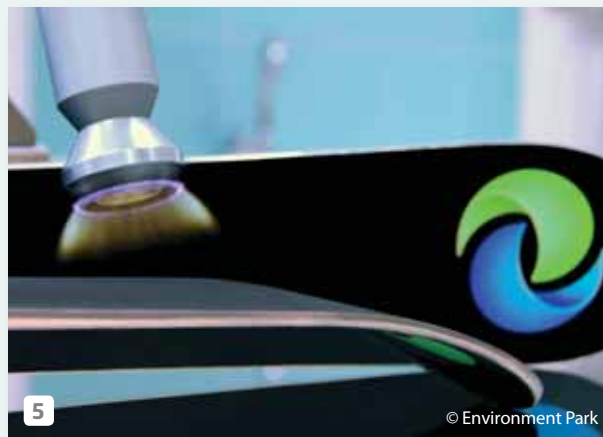
By using the Openair and PlasmaPlus atmospheric pressure plasma technologies the UHMWPE bases of racing skis can be modified to bring about an up to sixfold increase in wax adsorption.

Usando le tecnologie Openair e PlasmaPlus, basate sul plasma atmosferico, è possibile modificare le solette in UHMWPE degli sci da gara consentendo un adsorbimento di sciolina fino a sei volte maggiore.

stica si riaprono, in modo da potere riadsorbire nuova sciolina. La struttura della superficie in UHMWPE è tuttavia in grado di adsorbire sciolina solo fino a un certo punto. I motivi sono dovuti, da un lato, al processo di produzione e, dall'altro, alla procedura di trattamento.

Gli sci da gara sono trattati usando diversi strati di sciolina. In generale si applica innanzitutto sciolina a base di idrocarburi usando un processo termico, per creare uno strato di base che penetra in profondità nelle cavità della superficie. Segue quindi un secondo strato di sciolina a base di fluorocarburi per aumentare la velocità. Durante una gara, l'ultimo strato di sciolina applicato si consuma già dopo un percorso dai 200 ai 300 metri, indipendentemente dalle condizioni di abrasione della pista. Appena si consuma, entra in gioco il primo strato di sciolina applicato, che mantiene la prestazione più a lungo possibile e che ritarda il collasso delle microcavità nella struttura micro-alveolare tridimensionale dell'UHMWPE. A causa dell'azione di abrasione, tuttavia, anche questo strato prima o poi finisce.

La domanda che gli esperti si sono trovati ad affrontare era: in che modo è possibile aumentare l'adsorbimento della sciolina e ritardare il collasso della microstruttura delle solette senza modificare il tradizionale procedimento con sciolina a caldo?



5

© Environment Park



Inside the running surface

The gliding properties, behavior in snow and thus the speed of a ski is determined by its running surface or base. Nowadays the base of high-performance skis is made from sintered UHMWPE. This plastic combines strong wear resistance with water repellence. The non-polar, hydrophobic UHMWPE, characterized by high molecular density, is combined with special additives such as black graphite. Graphite is a good electrical conductor which prevents the base from becoming electrically charged and attracting particles of dirt.

In the sintering process the UHMWPE powder and the additives are combined, heat-fused in a cylindrical mold and then compressed under high pressure. Once cool, a slice is cut from the UHMWPE cylinder and molded to the final shape of the running surface using a 'stripper'.

Microscopic analysis of a UHMWPE ski base shows a three-dimensional honeycomb structure which is created by the formation of micro alveoli. This configuration makes the base surface fundamentally receptive to wax. However, the walls of the individual cells have an irregular geometry, culminating in a pointed tip that twists back

All'interno della superficie di scorrimento

La superficie di scorrimento o le solette degli sci determinano le caratteristiche di scorrevolezza, il comportamento degli sci nella neve e quindi la loro velocità. Negli sci *high performance*, la superficie di scorrimento o le solette degli sci sono realizzate attualmente in UHMWPE. Oltre alla caratteristica idrorepellente, questa plastica è dotata anche di una particolare resistenza all'usura. All'UHMWPE apolare e idrofobo con la sua alta densità molecolare sono aggiunti inoltre per lo sport sciistico additivi speciali come la grafite nera. La grafite è dotata di buone caratteristiche di conduzione elettrica, che impediscono che le solette si carichino elettricamente, attraendo particelle inquinanti.

Nel processo di sinterizzazione, la polvere di UHMWPE e gli additivi vengono miscelati, fusi in uno stampo a forma cilindrica e compressi l'uno nell'altro ad alta pressione. Dopo il processo di raffreddamento si taglia dal cilindro di UHMWPE una lastra per le solette degli sci e la si forma con un cosiddetto 'stripper', facendole assumere la forma definitiva della superficie di scorrimento.

L'analisi microscopica delle solette degli sci in UHMWPE mostra una struttura micro-alveolare tridimensionale prodotta da sferuliti cristallini. Tale conformazione rende la superficie delle solette sostanzialmente ricettiva nei confronti della sciolina. Le pareti delle



LEADING IN PRODUCTION EFFICIENCY

EcoCWave

L'innovativo sistema multiuso per il lavaggio ad acqua

L'avanzato sistema di pulizia **EcoCWave** convince grazie alla sua flessibilità e agli straordinari risultati accompagnati da una maggiore efficienza energetica ed economica. **EcoCWave** offre agli utenti dei diversi settori e con diverse esigenze una soluzione a prova di futuro per ogni processo di pulizia.



Venite a visitarci a **parts2clean**
a Stoccarda dal 9 all'11 giugno 2015, Pad. 4, Stand B38

www.durr-ecoclean.com

6

Base structure after plasma treatment: The micro-cavities are clean and have expanded.

La struttura delle solette dopo il trattamento al plasma: le micro-cavità sono pulite e si sono allargate.



7

Domenico D'Angelo and Elisa Aimo Boot turned the "PlasmaSki" project into a patentable process after just nine months of research.

Domenico D'Angelo ed Elisa Aimo Boot hanno trasformato il progetto PlasmaSki in un processo brevettabile dopo solo nove mesi di ricerca.

towards the center of the structure. This significantly impedes wax adsorption. Due to their sensitivity to heat, these tips tend to block the micro-cavities during the hot-waxing process. What limits wax adsorption by the cavities even more is the amount of polymer dust left in the cavities during the sintering process, which is enough to partly obstruct them (Fig. 4). So the aim was to remove these blockages and residues - a task for which the Openair-Plasma process (Fig. 5), which can perform dry, deep-pore microfine cleaning on plastic surfaces in a matter of seconds, was ideally suited. Once project manager D'Angelo had described in detail the complex chemical and physical interactions of the structural characteristics to those involved, the test series got underway in September 2013.

Two-stage test phase

The tests posed a challenge to the researchers. Not only did they have to configure system parameters such as nozzle type, distance, speed and motion sequence, they also had to find the right combination of gases, the configuration of the plasma energy and contact time. Furthermore, functional and operational details had to be tested and established.

The first stage of research focused purely on cleaning. The results were impressive: Light microscopy analysis revealed that after plasma cleaning, the cavities in the honeycomb structure of the UHMWPE were not only clean, they had also expanded; in other words their overall volume had increased (Fig. 6). But this outcome was just one of the effects of plasma treatment. Another effect was that the plasma had also activated the previously non-polar plastic, thereby polarizing its surface. Normally this creates the perfect conditions for bonding or coating with polar substances - but not in the case of wax, which is non-polar. In order for the



single cells still have a structure with irregular geometry, with a micro-crest terminating in the apical part and returning towards the center of the structure, which constitutes a significant interference factor for the adsorption of wax. Given the thermal sensitivity, these crests tend to block the micro-cavities during the hot-waxing process. What further limits wax adsorption by the cavities is the amount of polymer dust left in the cavities during the sintering process, which is enough to partly obstruct them (Fig. 4). It was therefore necessary to remove these blockages and contaminants - a task ideally suited for the plasma process (Fig. 5), which determines the microfine cleaning of plastic surfaces in a matter of seconds. After the Project Manager D'Angelo had described in detail the complex chemical and physical interactions of the structural characteristics to those involved, the test series got underway in September 2013.

Fase di prova in due tappe

The tests posed a challenge to the researchers. Not only did they have to configure system parameters such as nozzle type, distance, speed and motion sequence, they also had to find the right combination of gases, the configuration of the plasma energy and contact time. Furthermore, functional and operational details had to be tested and established.

The first stage of research focused purely on cleaning. The results were impressive: Light microscopy analysis revealed that after plasma cleaning, the cavities in the honeycomb structure of the UHMWPE were not only clean, they had also expanded; in other words their overall volume had increased (Fig. 6). But this outcome was just one of the effects of plasma treatment. Another effect was that the plasma had also activated the previously non-polar plastic, thereby polarizing its surface. Normally this creates the perfect conditions for bonding or coating with polar substances - but not in the case of wax, which is non-polar. In order for the



non-polar wax to adhere to a substrate, the mutual electrostatic interaction forces have to be similar, and that only happens if it encounters 'its own kind', i.e. another substance with non-polar molecules. Plasma Nano-Tech therefore had to generate a new substrate, a layer whose chemical characteristics and surface energy values were again similar to those of the previously non-polar polyethylene. Palmi suggested that at the same time this layer could be functionalized in such a way that it reinforced the three-dimensional honeycomb structure and reduced the friction coefficient. PlasmaPlus plasma technology provided all the criteria to implement these three requirements. The aim of the second stage of the test phase was to identify the exact chemical and physical mix for the coating. The right precursor had to be found and the plasma parameters for the layer deposition process had to be re-determined. In particular, the layer thickness had to be defined such that it neither blocked the 3D structure nor adversely affected the electrostatic interactions between wax and base.

Results in record time

The final result which the researchers D'Angelo and Aimo Boot had achieved emerged after just nine months and 40 laboratory tests and a patent application for the "PlasmaSki" process was filed (Fig. 7). "Thanks to microfine plasma cleaning and the plasma coating which we developed specifically for our needs and applied with the aid of Plasmatrete technology, we were able to achieve a sixfold increase in wax adsorption compared with the conventional, but otherwise identical wax impregnation method", D'Angelo declared at a press conference in June 2014. The glide test showed that after waxing, not only were the gliding properties greatly enhanced; frictional resistance and adhesion endurance of the wax to the surface of the ski base also improved substantially. Finally, last winter, the "PlasmaSki" had to prove its qualities under real snow conditions. A professional downhill racer tested the ski in the Italian Alps on different slope lengths and under changing snow conditions. The snow test results didn't just confirm the laboratory results - they exceeded them and in March 2015 the patent for the innovative process was granted. ◀

polari ma non per la sciolina, che è apolare. Per far sì che la sciolina apolare aderisca a un sottofondo, le forze interattive elettrostatiche reciproche devono essere simili e questo funziona solo se la sciolina trova un suo "simile", ovvero una sostanza con molecole apolari. Plasma Nano-Tech ha dovuto quindi generare un nuovo substrato, uno strato le cui caratteristiche chimiche e valori energetici superficiali fossero di nuovo analoghe a quelle del precedente polietilene apolare. Palmi ha suggerito di funzionalizzare contemporaneamente questo strato in modo tale che da un lato servisse da potenziamento della struttura tridimensionale micro-alveolare, dall'altro abbassasse il coefficiente di frizione. La tecnologia al plasma PlasmaPlus ha fornito tutte le premesse necessarie alla realizzazione di questi tre requisiti. Il secondo passo della fase di prova era quindi costituito dalla determinazione della miscela fisico-chimica esatta per le solette. Era necessario trovare il precursore giusto e rideterminare i parametri del plasma per il processo di deposito degli strati. In particolare era necessario definire lo spessore degli strati in modo tale che non occludesse né la struttura tridimensionale, né influisse sull'interazione elettrostatica tra sciolina e solette.

Risultati in tempi record

Dopo solo nove mesi e 40 prove di laboratorio, per i ricercatori D'Angelo e Aimo Boot era sicuro il risultato definitivo ed è stato depositato il brevetto per il procedimento "PlasmaSki" (fig. 7). "Grazie alla micro-pulizia al plasma e al rivestimento al plasma, sviluppato da noi esattamente in base alle nostre esigenze e con la tecnica Plasmatrete siamo in grado di ottenere un adsorbimento di sciolina sei volte maggiore rispetto al tradizionale ma comunque identico metodo d'impregnazione con sciolina", ha affermato D'Angelo in occasione di una conferenza stampa nel giugno 2014. Dopo la sciolinatura, dalla prova di scorrimento risultano inoltre non solo caratteristiche di scorrimento molto maggiori ma anche una migliore resistenza all'attrito e una durata dell'adesione della sciolina alla superficie delle solette degli sci notevolmente maggiore. Infine, l'inverno scorso "PlasmaSki" ha dovuto dar prova delle sue qualità in condizioni di neve reale. Uno sciatore professionista di discesa ha testato gli sci sulle Alpi italiane su percorsi con inclinazioni diverse e in condizioni di neve variabile. I risultati del test sulla neve non hanno solo confermato i risultati di laboratorio, li hanno superati e a marzo 2015 è stato assegnato il brevetto per l'innovativo processo. ◀

Serie IK
ALCOOL MODIFICATI e IDROCARBURI ALIFATICI
Modified alcohols and Aliphatic hydrocarbon

Serie IPK
CONVERTIBILI MULTISOLVENTE
Convertible multisolvent



Serie IPV
PERCLORETILENE ASCIUGAMENTO IN VUOTO
Perchloroethylene - Vacuum drying

Serie ILS
APPLICAZIONI SPECIALI e GRANDI DIMENSIONI
Special and big sized applications

MAGGIOR PRODUTTIVITÀ
MINOR CONSUMO
MINOR INGOMBRO

HIGHER PRODUCTIVITY
LOWER CONSUMPTION
LESS SPACE



Via C.Bassi, 1
S.Vincenzo di Galliera (BO)
ITALY
Tel. +39 051 815154
Fax +39 051 812697
info@ilsa.it - www.ilsa.it

La certezza di trovare la giusta soluzione potendo scegliere fra tutte le tecnologie disponibili.
The assurance to find the right solution by choosing among all available technologies.