InMould-Plasma
Adesione ancora migliore

ANCHE PER COMBINAZIONI IMPOSSIBILI

La tecnologia InMould-Plasma si è rivelata ideale nella produzione industriale di parti stampate a iniezione con combinazioni di materiali rigido/morbido altrimenti incompatibili. La scelta di produrre il manufatto in uno stampo a iniezione bicomponente con attivazione al plasma integrata in ciclo neutro si traduce in un vantaggio sul fronte dei costi rispetto al tradizionale processo che prevede l'impiego di due presse a iniezione e una fase di assemblaggio finale, oppure l'erogazione della guarnizione in poliuretano mediante la tecnologia FIPFG. È inoltre possibile utilizzare come materiali di base polimeri meno costosi. I case study presentati nell'articolo si basano sull'abbinamento tra TPU e PP, ma il processo permette di migliorare la resistenza del legame adesivo di molte altre combinazioni: ad esempio, gli elastomeri termoplastici come il copolimero stirene a blocchi (TPS) su polibutilentereftalato (PBT), polimetilmetacrilato (PMMA) e policarbonato (PC). I TPU si caratterizzano per la buona resistenza ai graffi e agli oli, nonché per la bassa viscosità del fuso, che conferisce una più elevata fluidità e quindi una maggiore precisione in fase di stampaggio. Tutti questi vantaggi aprono la strada a numerose aree di applicazione per il trattamento InMould-Plasma, che spaziano dal rivestimento dei montanti A e B negli interni degli autoveicoli alle guarnizioni per alloggiamenti, fino alle suole per calzature.

La tecnologia di trattamento al plasma nello stampo riduce il tempo ciclo nello stampaggio di manufatti bicomponente favorendo la perfetta adesione di materiali incompatibili

di **Elmar Moritzer***, **Frederik Mühlhoff***, **Birte Böhnke**** ed **Erhard Krampe****
*Kunststofftechnik Paderborn (KTP) dell'Università di Paderborn (Germania)
**Plasmatreat, Steinhagen (Germania)

La crescente richiesta di nuove funzionalità e di processi di produzione più efficienti ha spostato l'attenzione verso le tecnologie multicomponente. Non tutti i materiali plastici, però, si prestano alle combinazioni desiderate. Il trattamento InMould-Plasma®, perfettamente integrabile nei processi di stampaggio a iniezione, apre la strada a combinazioni di materiali completamente inedite, migliorando al contempo l'efficienza di produzione. La tecnologia è stata sviluppata nel quadro di un progetto di ricerca comune tra Plasmatreat e l'Istituto KTP (Kunststofftechnik Paderborn) dell'Università di Paderborn e finanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale (FESR).

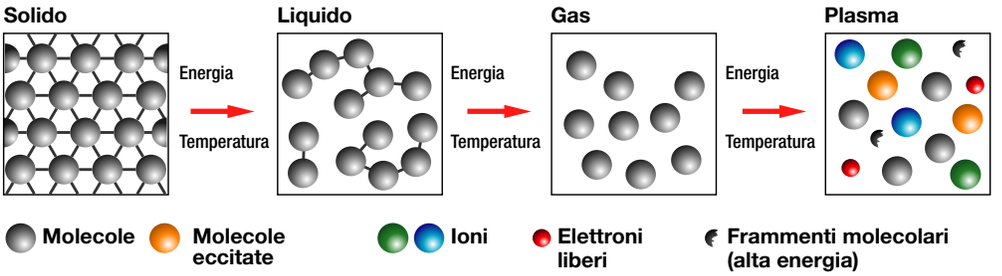
Nello stampaggio a iniezione, i trattamenti al plasma vengono normalmente eseguiti in una fase separata. Il nuovo processo si basa su una tecnologia convenzionale in cui il plasma viene applicato a pressione atmosferica, ma l'attivazione della superficie avviene direttamente all'interno dello stampo come parte integrante dello stampaggio multicomponente. Questo semplifica il processo di produzione rendendolo inoltre più efficiente.

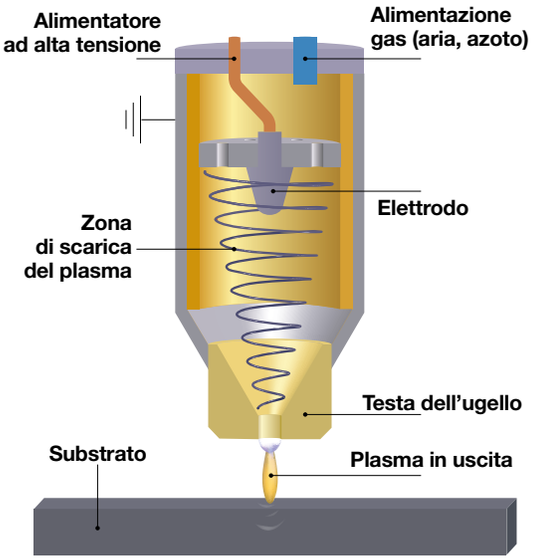
Nuove proprietà per le superfici

Il plasma si genera quando si fornisce energia a un gas. A un certo punto gli atomi iniziano a rilasciare gli elettroni e il gas si ionizza (figura 1) acquisendo nuove proprietà come ad esempio la conduttività elettrica. Per questo motivo il plasma viene considerato il quarto stato della materia.
Il plasma viene generato in continuo a pressione atmosferica all'interno del plasma-jet. Il gas di processo, solitamente un flusso di aria compressa filtrato, attraversa una zona di scarica dove viene appunto colpito da una scarica elettrica ad alta tensione che lo trasforma in plasma. Il plasma in uscita dall'ugello del plasma-jet viene concentrato in un fascio. La tecnologia Openair-Plasma di Plasmatreat si basa su questo principio (figura 2). In un processo al plasma a pressione atmosferica convenzionale, l'ugello assicura l'attivazione uniforme della superficie del substrato mantenendo una distanza costante da essa. Appena il plasma entra in contatto con una superficie in materiale plastico, la funzionalizza perché le molecole e gli ioni eccitati del plasma possiedono energia sufficiente a spezzare i legami tra gli atomi delle catene polimeriche. Questi legami sono spesso del tipo carbonio-carbonio o carbonio-idrogeno.

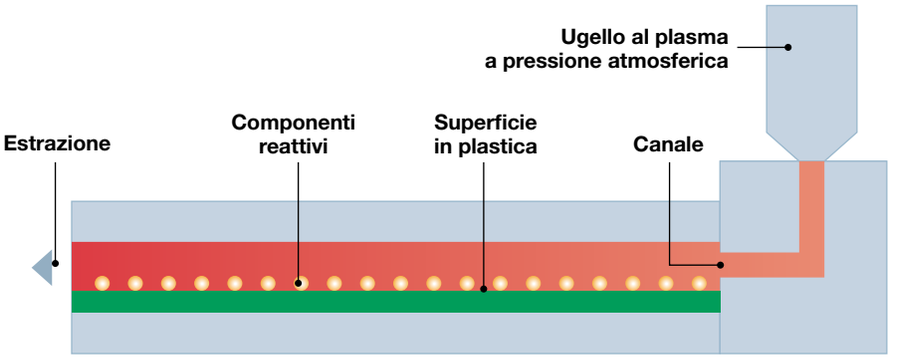
Protezione contro l'ossigeno atmosferico

I radicali che si generano reagiscono con le molecole e gli ioni eccitati del plasma, oppure con le molecole presenti nell'aria, incrementando l'energia superficiale e la polarità delle





1 Meccanismo di generazione del plasma
2 Componenti di un generatore Openair-Plasma



3 Schema della tecnologia InMould-Plasma. Il processo ha luogo all'interno dell'impronta di uno stampo chiuso

superfici trattate migliorandone la bagnabilità. Nel corso del trattamento a pressione atmosferica, il contatto tra il plasma e l'aria dà luogo a reazioni di ricombinazione che portano a una riduzione del numero di molecole eccitate nel plasma e quindi a una perdita di energia, e di conseguenza a un decadimento relativamente rapido del plasma.

Il processo InMould-Plasma si avvale di un nuovo plasma-jet sviluppato da Plasmatreat flangiato direttamente sullo stampo. Una volta chiuso lo stampo, all'interno dell'impronta viene lasciato uno spazio sufficiente per effettuare il trattamento superficiale (figura 3).

Prima di avviare il processo, il canale del plasma viene riempito per qualche secondo con azoto puro alimentato attraverso un'apposita bocchetta al fine sia di assicurare lo scambio completo del gas, sia di prevenire la ricombinazione con l'ossigeno atmosferico. Una volta introdotto l'azoto si accende l'ugello per il periodo di tempo prestabilito per il trattamento. L'azoto viene risospinto nel canale ed estratto attraverso la bocchetta di uscita. Ciò assicura che il plasma percorra il canale in tutta la sua lunghezza e che la superficie in plastica venga attivata in maniera uniforme. Durante i test è stato verificato che è possibile utilizzare canali con oltre 850 mm di lunghezza senza problemi di affidabilità.

Le potenzialità di applicazione

Al fine di comprenderne l'applicabilità nei processi industriali, i partner del progetto hanno sperimentato la tecnologia InMould-Plasma sul modulo inferiore di un'asciugatrice. Il componente è dotato di una guarnizione integrata che deve resistere a condizioni costanti di temperatura (40 °C) e umidità relativa (100%), soggetta a sollecitazioni meccaniche e sostituibile in caso di interventi di riparazione.

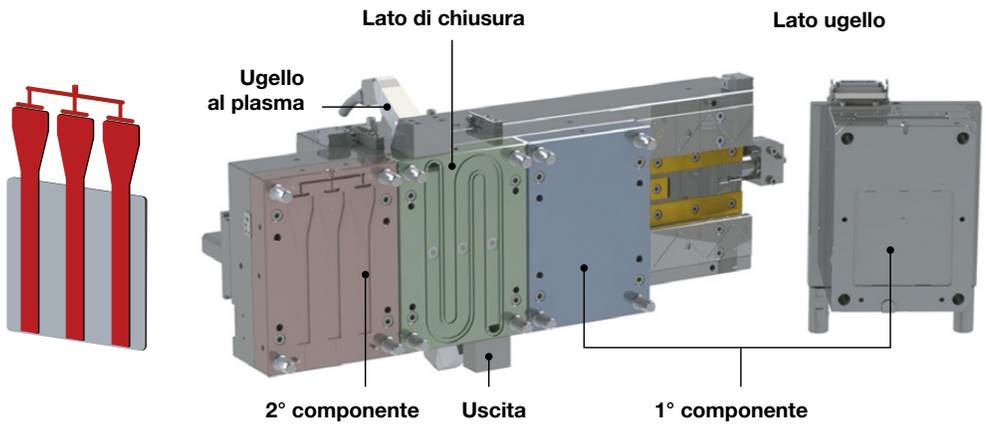
Nel processo tradizionale, la guarnizione in poliuretano espanso (PU) viene erogata direttamente sul pezzo in polipropilene (PP) attraverso la tecnologia FIPFG (formed-in-place foam gasket).

Al fine di formare un legame solido tra il poliuretano e il polipropilene apolare, è necessario attivare la superficie mediante un trattamento al plasma a pressione atmosferica, senza il quale il legame tra la base in polipropilene e la guarnizione in espanso morbido risulterebbe troppo debole. Il processo può essere ottimizzato mediante il trattamento InMould-Plasma e sostituendo il poliuretano espanso con poliuretano termoplastico (TPU). Ne risultano un tempo di ciclo più breve e l'eliminazione del robot per l'erogazione della guarnizionatura e di altre attrezzature ausiliarie.

Bicomponente ad alta resistenza

Allo scopo di verificare se il processo InMould-Plasma è in grado di creare un legame effettivamente resistente nel tempo tra la guarnizione in TPU sovrastampata e la base in PP, l'Istituto KPT ha condotto test di spellatura su provini in materiale rigido/morbido, in particolare PP caricato con il 40% in peso di talco (PP-T40) e TPU (Hostacom HBC 386L grey di LyondellBasell e Desmopan di Covestro). I campioni sono stati realizzati con uno stampo a iniezione modulare bicomponente a tre stazioni dotato di plasma-jet integrato Plasmatreat (figura 4).

4 Stampo per il sovrastampaggio bicomponente con ugello al plasma adattato per la produzione di tre provini in materiale rigido/morbido da sottoporre a test di spellatura



Sulla prima stazione del piano portastampo scorrevole si effettua lo stampaggio di un pannello quadrato che rimane sul lato dello stampo dove è inserito l'ugello. La seconda stazione (stazione di trattamento al plasma) viene posizionata davanti al pannello stampato, quindi si procede all'attivazione della superficie guidando il plasma nello spazio libero all'interno dello stampo attraverso un percorso tortuoso che simula gli 850 millimetri di lunghezza del canale di attivazione. Infine, dopo la riapertura dello stampo, sulla terza stazione, il componente morbido viene sovrastampato sulla superficie del pannello trattata al plasma. La geometria dei tre provini così prodotti in un'unica stampata è conforme alle linee guida VDI 2019 per il test di resistenza alla spellatura.

MECSPE

MECSPE 2020
PARMA 29-31 OTTOBRE 2020
PAD. 6 - STAND N° C09

SERIE ZERES MEDICAL PACK

LA MACCHINA ELETTRICA PER IL SETTORE MEDICALE

INDUSTRIA 4.0

imgmacchine.it

ZERES

ZHAFIR PLASTICS MACHINERY

img

DISTRIBUTORE UFFICIALE E SERVICE PARTNER
HAITIAN INTERNATIONAL
10 YEARS

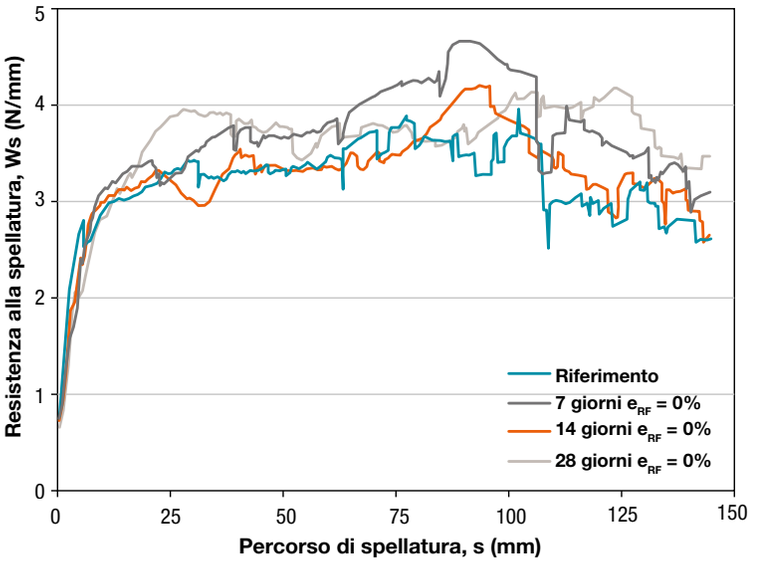
5 Il test di spellatura su un provino in TPU Desmopan 6064A stampato su PP Purell HP 570M ha dato ottimi risultati. Si noti la totale rottura coesiva del TPU

Legame PP-TPU ad alta resistenza

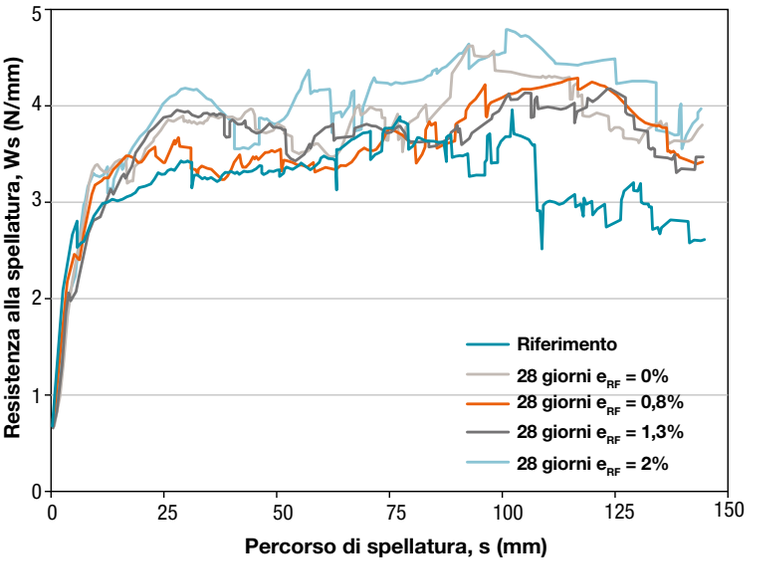
L'attivazione viene eseguita con un plasma-jet modello PFW30-LT alimentato da un generatore di plasma FG 5005 dotato di trasformatore HTR12, entrambi di Plasmatreat. Ulteriori studi sono stati effettuati con un generatore FG 5005S gestito da una centralina di controllo del plasma (PCU). La durata del trattamento è pari a un secondo. Per il test di spellatura a norma VDI 2019 è stata utilizzata una macchina di prova universale fornita da ZwickRoell (Ulm, Germania). Il componente in TPU sovrastampato su quello rigido in PP-T40 è stato asportato con un'angolazione di 90 gradi rispetto al piano di giunzione dei due componenti, ottenendo un valore massimo di resistenza alla spellatura di 42 N/mm. Si tratta di un risultato considerevole, visto che PP e TPU non aderiscono minimamente l'uno all'altro e che senza il trattamento InMould-Plasma avrebbero avuto una resistenza alla spellatura pari a 0 N/mm. Un legame ad alta resistenza tra questi materiali è difficile da ottenere anche a causa della carica di talco presente nel PP. Con un'altra combinazione PP-TPU (Moplen HP500N di LyondellBasell ed Elastollan E 1185 A10 di BASF) è stata invece raggiunta una resistenza alla spellatura massima di 16 N/mm. Nella figura 5 è illustrato l'ottimo risultato (100% di rottura coesiva dell'elastomero) del test di spellatura su un provino in TPU Desmopan 6064A stampato su PP Purell HP 570M.

Carico mirato all'applicazione

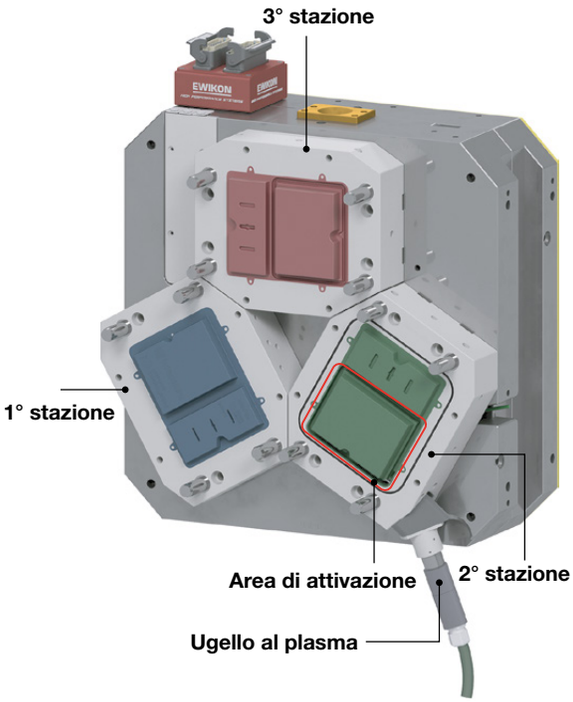
La resistenza del legame tra i materiali dei provini sottoposti al trattamento InMould-Plasma è stata valutata anche con test di invecchiamento. I campioni sono stati sottoposti a prove di condizionamento alternato in conformità con le norme ISO 6270-2 (esposizione a vapore d'acqua in camera climatica chiusa). Ciascun ciclo del test aveva una durata di 24 ore, suddiviso in una fase di carico di 8 ore e una fase di riposo di 16 ore. Nella fase di carico nella camera climatica a tenuta di vapore la temperatura è stata mantenuta a 40 °C con un'umidità relativa del 100%. Nella fase di riposo la temperatura è stata portata a 23 °C con un'umidità relativa del 50%. Dopo



6 Resistenza alla spellatura in assenza di sollecitazioni meccaniche per cicli di condizionamento di 7, 14 e 28 giorni



7 Resistenza alla spellatura a diversi gradi di deformazione della fibra esterna (e_{RF}) dopo 28 giorni di condizionamento. Le sollecitazioni meccaniche non riducono significativamente la resistenza alla spellatura



8 Stampo per la produzione del coperchio di un alloggiamento con il processo InMould-Plasma. L'attivazione al plasma avviene in corrispondenza dell'area evidenziata in rosso

7, 14 e 28 cicli di condizionamento, è stata misurata la resistenza alla spellatura dei provini e quindi confrontata con i risultati di un campione di riferimento non sottoposto a test di invecchiamento. Allo scopo di valutare con precisione l'effetto dell'invecchiamento provocato dai cicli di condizionamento, i provini sono stati ulteriormente esposti alle condizioni ambientali standard. Per determinare le possibili interazioni tra le sollecitazioni termiche e meccaniche è stato utilizzato anche il metodo della lamina curvata a norma ISO 22088-2, procedura che prevede il fissaggio dei provini a delle sagome con raggi di curvatura diversi.

Il legame resta intatto

Al termine del test non si è rilevato alcun segno di deterioramento del legame TPU-PPT40 (figure 6 e 7) né si è osservata alcuna riduzione significativa della resistenza alla spellatura dovuta al carico di flessione o al condizionamento. I risultati permettono quindi di sostenere che lo stampaggio a iniezione bicomponente di una guarnizione in TPU sovrastampata direttamente su un substrato in PP può considerarsi una valida alternativa a un processo con trattamento separato di attivazione al plasma a pressione atmosferica seguito dall'applicazione del sistema PU reattivo. Le potenzialità di questa tecnologia sono state illustrate a K2019 di Düsseldorf utilizzando uno stampo montato su tavola rotante a tre stazioni, dove una guarnizione in TPU veniva sovrastampata su un alloggiamento in PP in un processo a ciclo neutro (figura 8). ■