

I nuovi sviluppi: analisi dei vantaggi della tecnologia microcellulare dalla riduzione delle deformazioni alle superfici estetiche

(Andrea Romeo - Proplast , Alessio Gorla – Onnistamp)

-Prima parte-

Introduzione al processo MuCell®

Prima di iniziare a descrivere questa nuova tecnologia di processo microcellulare ed il progetto sviluppato in Proplast, dobbiamo distinguere i due ambienti:

- Stampaggio con schiuma standard
- Stampaggio con espansione microcellulare

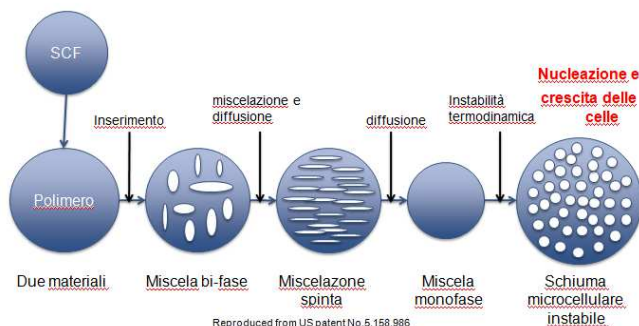
Il primo usa degli agenti chimici di soffiaggio, dove le dimensioni della cella varia dai 100 micron ai 2 mm. In questo caso la densità delle celle è limitata e le stesse dimensioni delle celle sono poco uniformi. Ciò comporta difficoltà in presenza di pareti di un certo spessore o con forti cambi di spessore; di conseguenza le proprietà meccaniche risultanti sono solitamente inferiori alle aspettative.

Lo stampaggio con espansione micro cellulare (**MuCell®**) utilizza un agente fisico (gas), per creare una miscela gas/polimero ipercritica. Le dimensioni delle celle vanno da 3 micron a 100 micron, e quindi la densità delle celle è molto elevata.

Le dimensioni e la distribuzione delle celle è omogenea, limitando fortemente lo stress interno residuo nel materiale; da ciò deriva la capacità di operare anche dove le pareti sono molto sottili, fornendo caratteristiche meccaniche eccellenti.

La tecnologia di stampaggio ad iniezione a espansione microcellulare **MuCell®** è costituita da un processo completo e da un sistema di attrezzature tecnologiche, che facilitano il raggiungimento di una qualità estremamente elevata e riducono notevolmente i costi di produzione.

Il Processo **MuCell®** coinvolge l'uso controllato di gas allo stato supercritico (**SCF**) per creare una parte "schiumata".



La tecnologia **MuCell®** risolve le necessità di precisione per componenti in plastica ad elevata ingegneria e complessità, con al massimo spessori di parete inferiore a 5-8 mm.

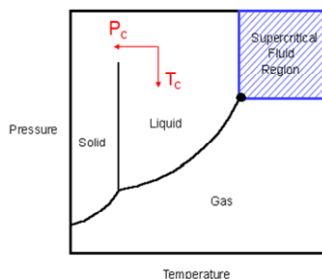
Il processo **MuCell®** offre generalmente un miglioramento del 50-75% in qualità (controllo dimensionamento e tolleranza), in situazioni di difficoltà quali accoppiamenti, planarità, circolarità, e deformazione, eliminando tutti i segni di ritiro e/o risucchio o limitandoli fortemente.

Il processo di iniezione MuCell è basato sul controllo fine del gas durante il ciclo di iniezione: lo stato supercritico (SCF) induce una completa miscelazione e diffusione nel polimero in fase di plastificazione e la successiva creazione di milioni di celle di dimensioni del micron quando il polimero entra in cavità stampo.

Questo SCF, fluido supercritico, è infatti un'entità "gas" con caratteristiche miste, contemporaneamente simili al gas ed al liquido, in condizioni di pressione e temperatura sopra il livello di criticità singola; accompagna quindi le due caratteristiche fondamentali: quella dei liquidi (bassa compressibilità) e quella dei gas (alta diffusività).

SCF offre una riduzione della viscosità del polimero intorno al 15-20%, un controllo preciso del processo (parametri di flusso) e rientra perfettamente all'interno delle caratteristiche di riciclabilità e rispetto dell'ambiente. Nella tabella sopra sono indicati le proprietà fisiche del gas, liquido e di SCF.

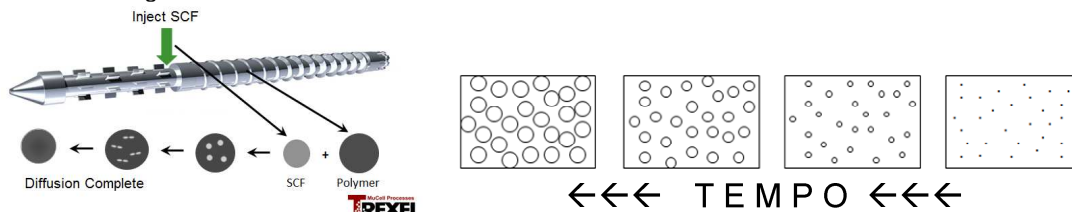
Critical Point	P _c (Kg/cm ²) / (psi)	T _c (°C)
CO ₂	72.8 / 1072	31.05
N ₂	3.5 / 492	-146.75



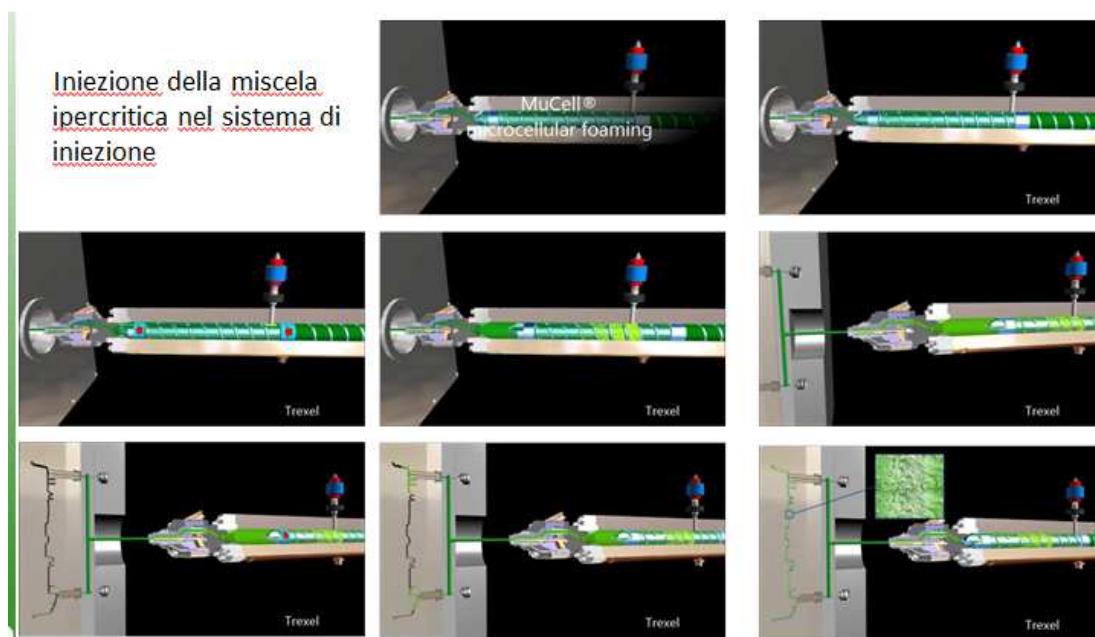
SCF ha la diffusività del gas, la viscosità del liquido, oltre a permettere una miglior gestione del livello di temperatura Tg in fase di miscelazione del polimero; la CO2 ha una migliore diffusione all'interno del polimero rispetto a N2, che

però permette un miglior controllo dei parametri di processo ed una migliore qualità delle celle (dimensione e densità).

La macchina di iniezione può essere opportunamente modificata installando il **sistema TREXEL**, permettendo di stampare particolari utilizzando presse a più basso tonnellaggio (grazie alla riduzione di viscosità e la conseguente riduzione di pressioni di iniezione e forze di chiusura), con una vite che può variare 0,5/5 D di diametro, un opportuno sistema di valvole per la pressurizzazione e il mantenimento della pressione nel cilindro, alta velocità di iniezione e pressione stabile lungo la fase di mantenimento.



L'espansione del gas avviene durante l'operazione di iniezione nello stampo; la bassa pressione nello stampo permette, dunque la nucleazione delle celle e la loro crescita, nel tempo, fino a quando il materiale si è solidificato o la cavità dello stampo è riempita.

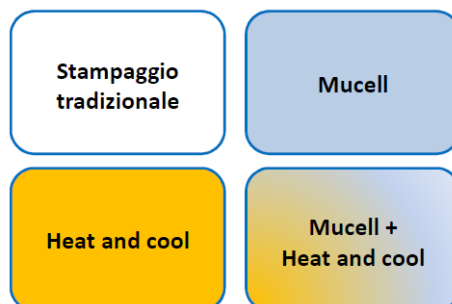


(by Engel/Trexel)

L'idea da cui si è partiti

Il progetto si riferisce a due processi combinati, quello Mucell in senso stretto, a cui si aggiunge quello che utilizza tecniche Heat&Cool per raggiungere obiettivi anche estetici.

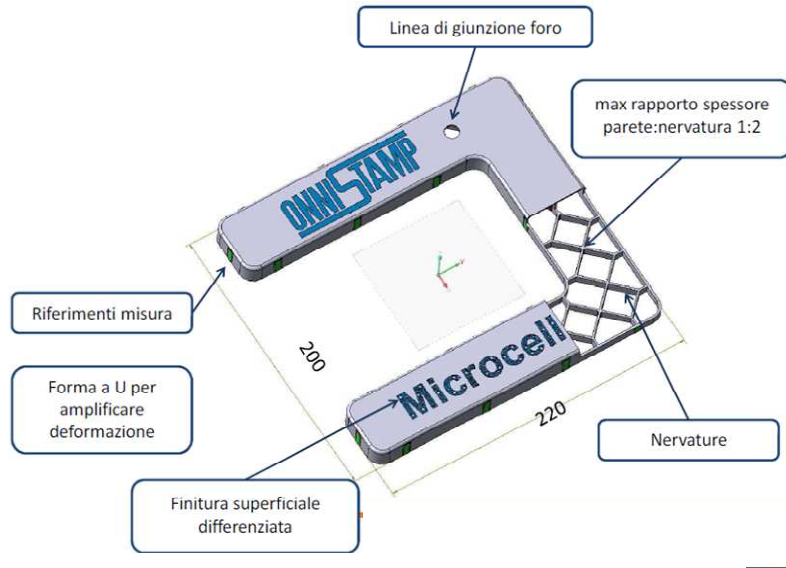
Quindi stampaggio microcellulare con controllo dinamico della temperatura dello stampo, confrontato con tecniche di stampaggio "standard".



Quindi l'obiettivo, anzi, gli obiettivi erano:

- Corretto livello di stampabilità
- Controllo assoluto dei parametri di processo
- Prodotto finale con livello estetico elevato
- Controllo delle deformazioni (warping and planarity)
- Utilizzo di materiali "normali"
- Controllo e eliminazione dei fenomeni di risucchio e difetti di superficie
- Proprietà meccaniche elevate

Alla base del progetto è stato sviluppato un manufatto con queste caratteristiche che ci permettono di indagare i punti prefissati.



Il materiale utilizzato è un materiale standard ABS Termoresistivo fornito da MAIP spa.

ABS Termoresistivo Maip Cilac TBB

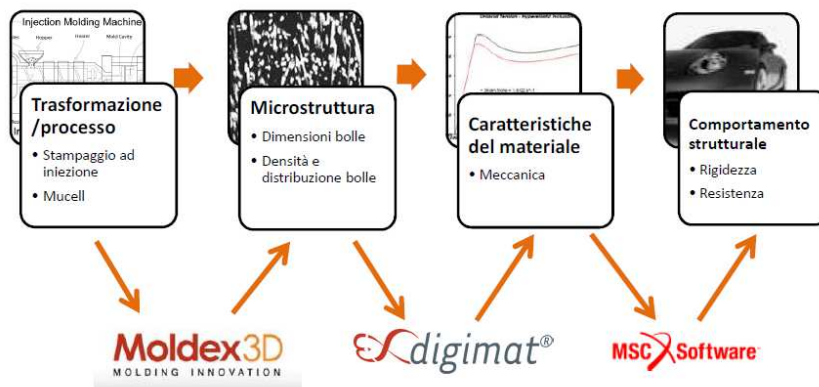
TECHNICAL DATA CILAC TBB			
DESCRIZIONE/DESCRIPTION			
ABS termoresistente, buona fluidità		D	
ABS, high heat resistant grade, transparent flow			
PROPRIETÀ GENERALI / BASIC PROPERTIES			
Contenuto di carica / Filler content	HD 3401-3	%	
Densità / Density	100.14.03	g/cm ³	1.03
Assorbimento di acqua / Water absorption (23°C/50%RH)	0.00.01	%	
Indice di flusso / Melt flow index (230°C/10kg)	100.14.13	g/30'	8
Altre info. stampaggio / Thermal properties		Lunghezza / Fusibile	
		Temperatura / Azione	
PROPRIETÀ TERMICHE / THERMAL PROPERTIES			
Temperatura di fusione / Melting temperature		210C	°C
Temperatura di transizione vetrosa / Glass transition temperature		210C	°C
T _{max} di riscaldamento in aria / Soft Temp. (10kg/30kPa)		400.000	°C
Temperatura di rottura / Break Temperature (10kg/30kPa)		400.75	°C
PROPRIETÀ MECCANICHE / MECHANICAL PROPERTIES			
Resistenza a trazione / Tensile strength (break)		150.5274-1	MPa
Resistenza a trazione / Tensile strength at yield (0.2% elongation)		100.5274-1	MPa

Il tutto è stato progettato con:

- Differenti sistemi di iniezione possibili
- Differenti materiali di stampaggio
- Sensoristica di controllo e rilevazione Kistler (P, P/T)
- Stampaggio combinato Mucell+ heat and cool

Per l'attività di analisi e simulazione sia delle fasi di stampaggio, sia delle fasi strutturali meccaniche è stato utilizzato il percorso che vediamo di seguito:

Processo ↔ Materiale ↔ Struttura

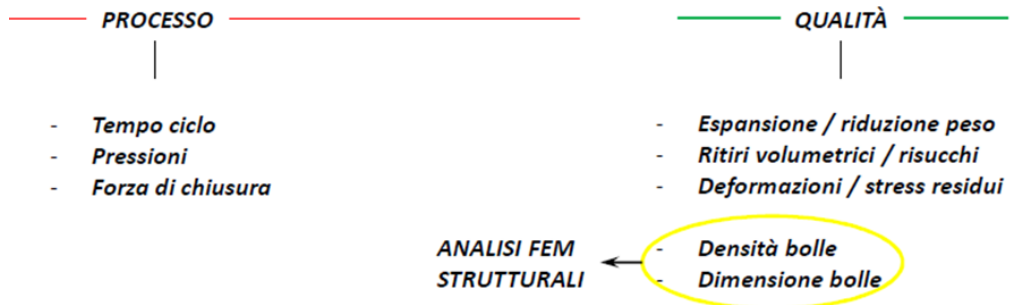


La sezione reologica

L'obiettivo era quello di verificare nel miglior modo possibile le varie fasi del ciclo di stampaggio con tecnologia MuCell®, di verificarne il controllo e il livello di ripetibilità, con un livello di predizione il più elevato possibile (confermato dall'analisi fisica di i laboratorio sul manufatto realizzato), come vedremo più avanti:

Quindi, in particolare:

- La fase di riempimento
- La fase di nucleazione e crescita delle bolle
- La fase di raffreddamento (valori medi e transitori termici)
- La fase di estrazione
- La verifica dei risultati
- La qualità globale sia del processo sia del prodotto.



Da qui la dimostrazione che il processo di iniezione microcellulare può essere analizzato, verificato, previsto ed ottimizzato in ambiente virtuale, via software.

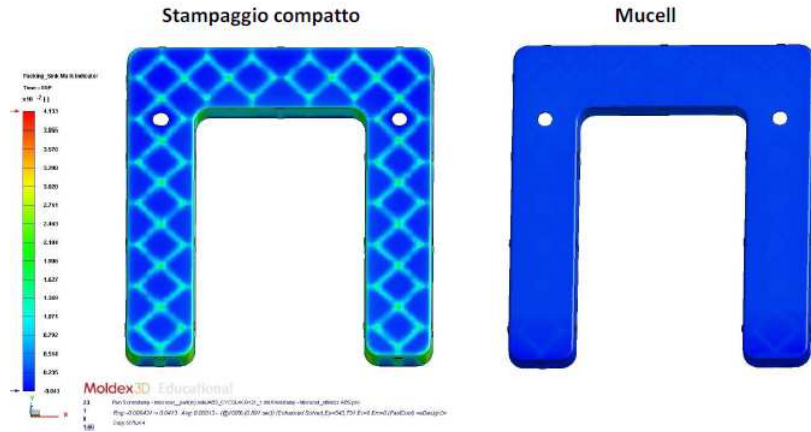
Si è quindi andati nel mondo fisico confrontando i risultati della simulazione virtuale con quelli reali (tempo di ciclo, parametri PVT, pressioni all'ugello, forza di chiusura dello stampo, e non ultimo livello d'investimento nell'approntare un processo MuCell, ovvero: produttività, costi di mantenimento, costi di produzione, consumi energetici (**green circle**), e confrontando il tutto con un processo di stampaggio ad iniezione standard.

Il confronto nel mondo virtuale, portava già a dei risultati molto interessanti, che però dovevano essere verificati di test fisici di laboratorio.

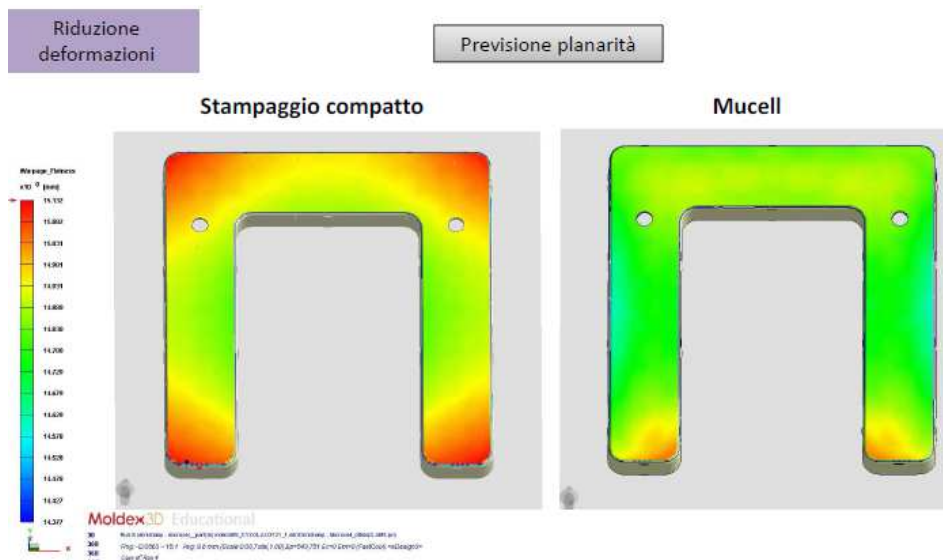
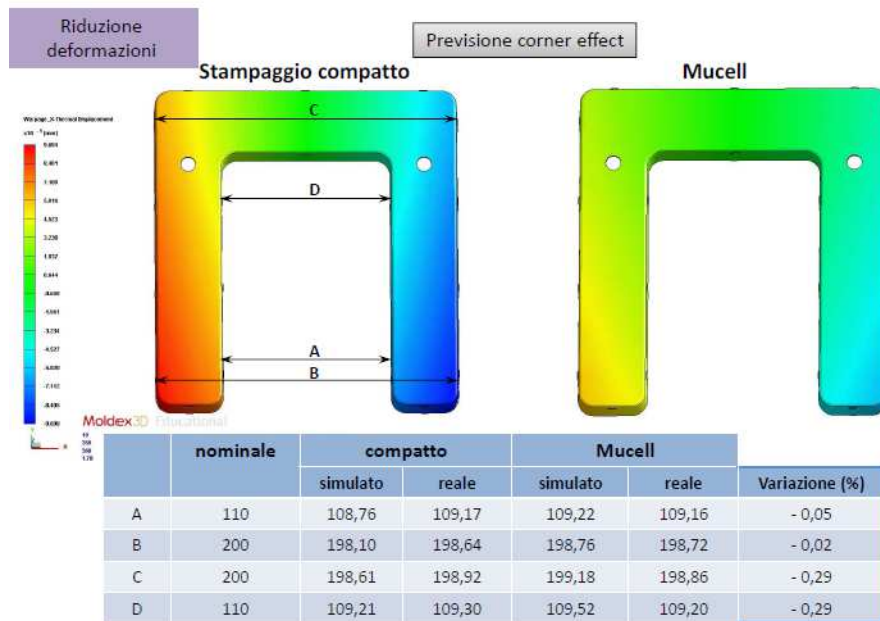
Ciclo MuCell virtuale		MuCell	Compatto	
t_{inj} (s)		0,94	0,88	
T_{melt} (°C)		260	260	
T_{mould} (°C)		40/40	70/70	
Dosaggio gas (%)		0,5	--	
Commutazione (%)		99	99	
t_{mant} (s)		--	7	
P_{mant} (bar)		--	1600	
$t_{raffredd}$ (s)		20	23	
t_{ciclo} (s)		26	36	-28
Peso stampata (g)		92,9	100,3	-7,4
$P_{inj\ max}$ (bar)		1428	1768	-19
Forza di chiusura (ton)		90	220	-59

La riduzione del tempo di ciclo totale, il peso del materiale, la pressione necessaria e il tonnellaggio della pressa necessario al processo, fornivano da subito valori molto interessanti.

A tutto questo si aggiungevano dei risultati qualitativi immediati, quali la scomparsa pressoché totale del fenomeno dei risucchi (sinkmarks).

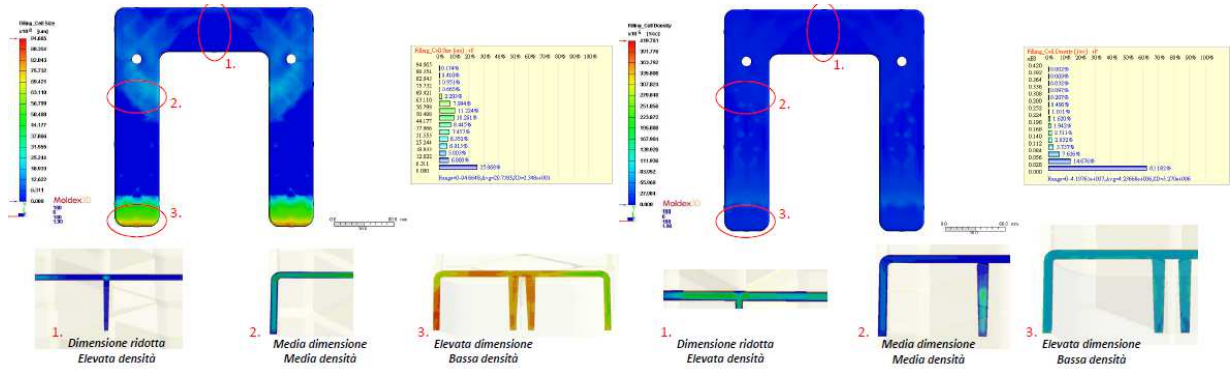
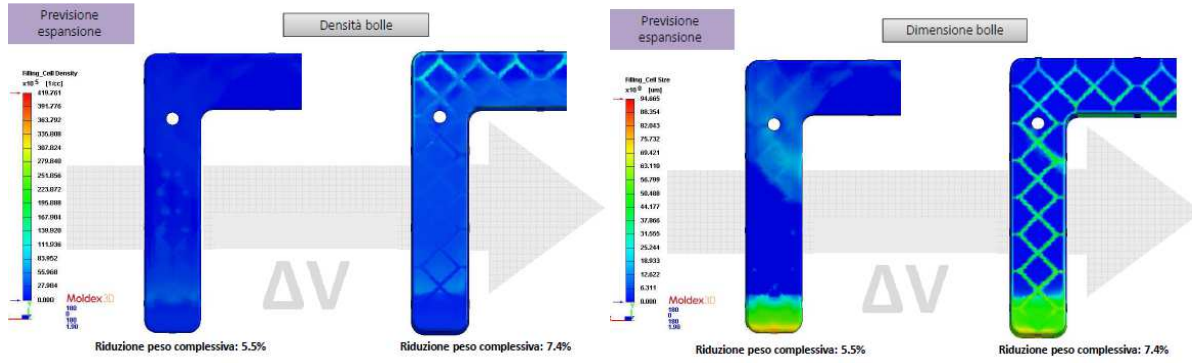


Stesso discorso vale per le valutazioni in termine di predizione del fenomeno della deformazione e della planarità, rispetto ai valori fisici rilevati sul modello.

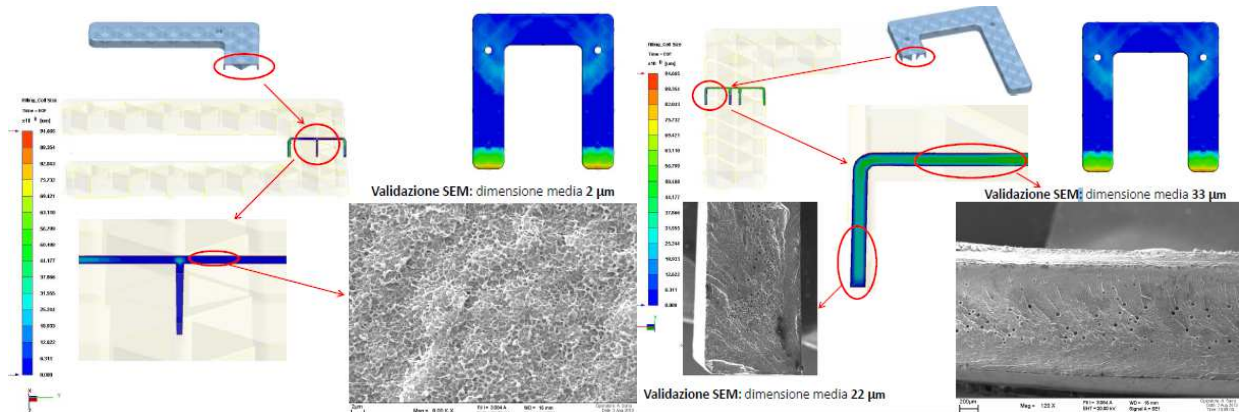


La densità e la dimensione delle bolle è stata prevista in modo corretto dal sistema di simulazione Moldex3D MuCell.

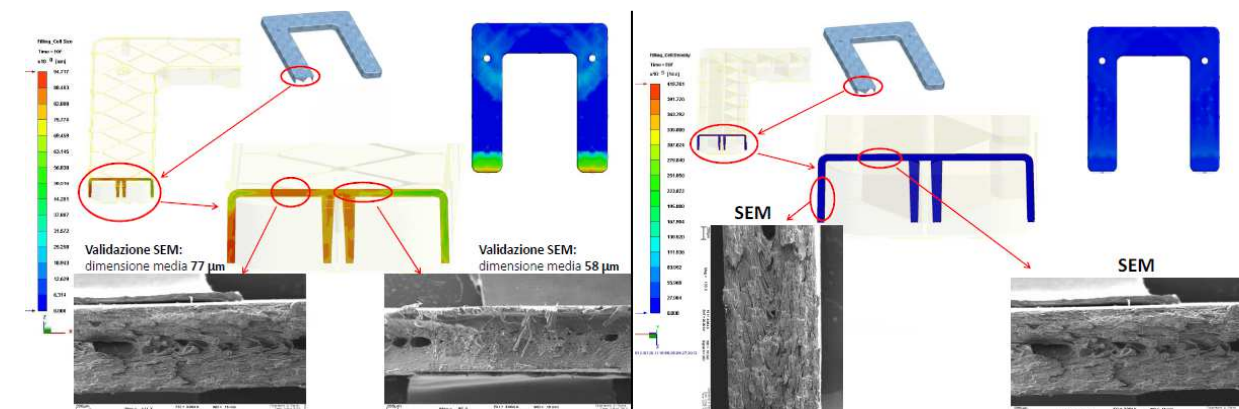
Ciò ha permesso anche di ridurre il peso complessivo dell'oggetto del 7,4%.



Sia per le dimensioni delle bolle, sia per la densità, sono state definite delle sezioni critiche, soggette successivamente a verifica di laboratorio che ha confermato le previsioni.



La prima figura mostra le dimensioni delle bolle vicino al gate, la seconda figura invece le mostra a metà della lunghezza del flusso e, sotto, all' fine del flusso.



Discorso simile vale per le densità delle bolle (seconda figura sopra, densità alla fine del flusso).

L'utilizzo di Moldex3D, operando in ambiente 3D puro, ha permesso di studiare al meglio il comportamento del flusso del fluido microcellulare, prevedendo nel migliore dei modi la densità e le dimensioni delle celle, in considerazione del fenomeno della nucleazione combinato con la crescita stessa delle celle.

La verifica ha confermato la previsione specialmente nelle sezioni critiche (nervature, cambio degli spessori, punti di iniezione ecc.)
... continua...

(seguirà la seconda parte che riguarda le prove meccaniche utilizzando l'interfaccia FEA di Mucell verso Digimat/Msc Nastran) e le tecniche Heat&Cool utilizzate in laboratorio Proplast)

(dall'attività sviluppata presso il laboratorio Proplast – Rivalta di Scrivia, e il report Proplast (Andrea Romeo), ONNISTAMP (Alessio Goria), in collaborazione con Engel, Trexel, MSC Nastran, Digimat e, ovviamente Moldex3D Italia).



Redazione: Giorgio Nava – Moldex3D Italia – 2014, aprile – PTRC_006