RORY JONES, LA PLASTECNICA, LTD.

How to be Supacool

Supacool – state freschi!

Research indicates a 58% cooling cycle time reduction!

Figure 1: Flange Stub Mount for Supacool Attached to a Mould. Flangia per montaggio di Supacool sullo stampo.

Supacool, manufactured by La Plastecnica, is a cooling system designed to accelerate the cooling of plastic components within the mould in a rotational moulding process. This is achieved by atomising water inside the plastic part via an actuated intruding nozzle. The water removes heat energy by vaporising into steam, which is subsequently vented through the Supacool unit.

Our production trials, carried out over a six week period at RX Plastics' Ashburton facility, have successfully demonstrated a number of benefits from internal water cooling. Most notably is a cooling cycle reduction of 58% for water tanks ranging

Supacool, prodotto da La Plastecnica, è un sistema di raffreddamento progettato per accelerare il raffreddamento del pezzo in plastica nello stampo durante il processo rotazionale. Attraverso un ugello che entra nella cavità del pezzo, viene nebulizzata acqua all'interno del pezzo di plastica. La trasformazione in vapore dell'acqua assorbe l'energia termica presente; questo vapore viene sfogato attraverso il Supacool.

Le nostre prove in produzione, eseguite in un periodo di 6 settimane presso lo stabilimento di Ashburton (NZ) della RX

Figure 2: Supacool Installed on a 500l Mould (1: Machine Arm, 2: Mould, 3: Airline Coupler, 4: Supacool). Fig. 2: Supacool installato su uno stampo da 500 litri: 1: braccio della macchina, 2: stampo, 3: attacco rapido, 4: Supacool.

> “The Supacool unit mounts on to a low cost stub connected to a 2” Table E flange.”

from 500L to 5250L. This could potentially be even greater for products with thicker walls. Aesthetically, the interior surface of internally water cooled parts can look similar to parts produced in a conventional cycle, though in the smaller parts, the internal surface may feel lumpy. The lab results also indicate that there is no significant compromise in the structural integrity of the tanks. Significant warpage was not detected in any internally water cooled tanks, although these trials have only assessed cylindrical tanks with dome tops. Differential Scanning Calorimetry (DSC) results show we can now generate lower levels of crystallinity inside rotationally moulded parts than outside. This is even possible when the outside of the part has been exposed to significant external water spray cooling.

Trials were carried out with standard production tools used for creating 500, 1100, 2000 and 5250 litre tanks. Parts were produced using a commonly available carousel type rotational moulding machine. In each case, the oven temperature was set at 260°C (500°F) and the cook time varied from 20-22 minutes depending on the product. The standard cooling cycle lasted for 24 minutes after the mould left the oven. This cooling cycle consisted mainly of cooling fan, with a 3 minute interval of water spray.

The Supacool unit mounts on to a low cost stub connected to a 2” Table E flange as shown in Figure 1. This flange can

Plastics, hanno efficacemente dimostrato un certo numero di benefici derivati dal raffreddamento interno. Il principale è una riduzione del ciclo di raffreddamento del 58% per dei serbatoi da 500 a 5250 litri. Questa riduzione potrebbe essere persino maggiore nel caso di pezzi con un maggior spessore di parete. Esteticamente la superficie interna dei pezzi raffreddati con acqua è simile a quelli prodotti con il ciclo tradizionale, sebbene per i pezzi piccoli la superficie interna può presentare delle piccole gobbe. I risultati di laboratorio indicano inoltre che non viene compromessa l’integrità strutturale dei serbatoi. Nei serbatoi raffreddati internamente ad acqua non è stata rilevata nessuna deformazione significativa, sebbene i test siano stati condotti solo su campioni di serbatoi cilindrici con testa arrotondata. I risultati della calorimetria a scansione differenziale (DSC) mostrano che è persino possibile generare un livello minore di cristallinità all’interno del pezzo rispetto all’esterno. Questo è possibile anche quando si utilizza acqua nebulizzata in modo marcato per raffreddare l’esterno dello stampo.

I test sono stati condotti con serbatoi di produzione della capacità di 500, 1100, 2000 e 5250 litri. I pezzi sono stati prodotti utilizzando una tipica macchina rotazionale a carosello. In tutte le prove, la temperatura del forno è stata impostata a 260°C e il tempo di cottura variava tra 20 e 22

Figure 3: Water Port and Airline Attachment Point (1: Airline Attachment, 2: Water Port). Apertura per carico acqua e punto d'attacco della linea dell'aria (1: attacco dell'aria, 2: apertura per carico acqua).

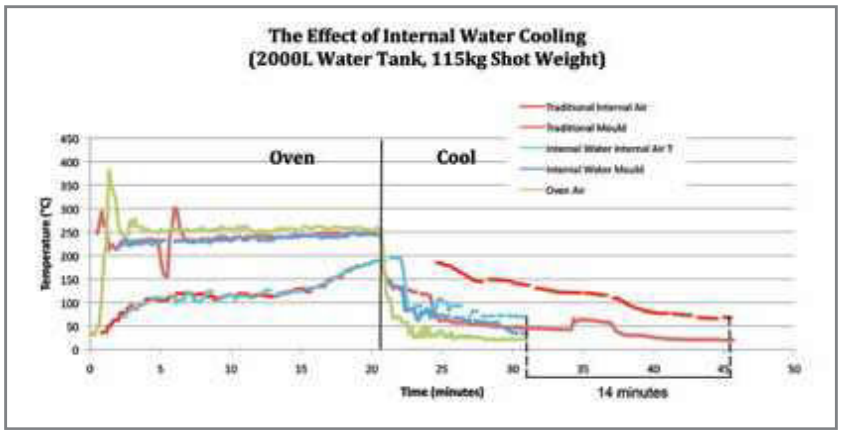


Figure 4: Graph Comparing an Internally Water Cooled Cycle with a Traditional Cycle. Grafico di comparazione fra un ciclo con raffreddamento interno ad acqua e un ciclo tradizionale.

easily bolt directly to a mould over the existing vent. As each of the moulds trialled had a slightly different vent mount geometry, the stub flange unit was attached to another plate. This plate, with holes at centres corresponding to the vent

minuti in funzione del pezzo. Il ciclo di raffreddamento standard, dal momento in cui lo stampo lasciava il forno, durava 24 minuti. Il raffreddamento è stato fatto principalmente con ventole e con un intervallo di 3 minuti di acqua.

Il Supacool si monta su un filetto maschio tronco economico collegato ad una flangia tipo tabella E da 2 pollici come da figura 1. Questa flangia si può avvitare con facilità allo stampo sopra il foro dello sfiato. Visto che tutti gli stampi di prova utilizzati avevano degli sfiati leggermente diversi gli uni dagli altri, il gruppo flangia-filetto è stata montato su un'altra piastra. Queste piastre, con i fori al centro corrispondenti a quello degli sfiati dei diversi stampi, ha permesso di spostare velocemente Supacool da uno stampo all'altro senza bisogno di modifiche permanenti degli stampi utilizzati.

Il Supacool standard è stato fissato con una prolunga di 0,5 m che sporge all'interno dello stampo per essere certi che la testa nebulizzatrice non fosse influenzata dalla "pozzanghera" di polvere* presente nello stampo. Per essere attivato il Supacool deve essere alimentato da aria compressa a 5 bar (75 PSI). Durante queste prove Supacool è stato montato sulla linea di estrazione in modo che non fosse necessario rimuoverlo ad ogni ciclo per permettere lo scarico del pezzo. Per collegare il Supacool alla linea dell'aria è stato utilizzato un attacco rapido resistente alle alte temperature.

* è la massa di polvere presente nello stampo prima che si fonda e si depositi sulla parete dello stampo

L'attacco rapido è stato montato sullo stampo come da Fig. 2. Idealmente, l'attivazione dell'aria dovrebbe essere programmata sulla macchina in modo che avvenga automaticamente al tempo di ciclo prestabilito.

Una volta montato, Supacool è stato riempito con la quantità di acqua richiesta utilizzando una siringa modificata da 400ml attraverso l'apertura posta alla base (Fig. 3). In seguito l'iniettore e l'ugello vengono risettati per il ciclo successivo come mostrato in Fig. 6. Questo processo è stato ripetuto ogni ciclo mentre veniva caricata la polvere nello stampo.

mounts for the different moulds, allowed Supacool to be quickly moved from one mould to another without requiring permanent modification to any of the moulds we trialled.

The standard Supacool unit was fitted with a 0.5m (1'8") extension to ensure that the misting head would not be affected by the powder pool. In order to actuate, the Supacool unit requires a supply of compressed air at 5 bar (75PSI). In these trials Supacool was mounted in the line of draw so that it was not necessary to detach the unit every cycle to allow for part extraction. A high temperature quick release coupler was used to connect the Supacool to the air line. This coupler was mounted to the mould as shown in Figure 2. Ideally, the air activation should be set by the machine controller to happen automatically at the correct time in the cycle.

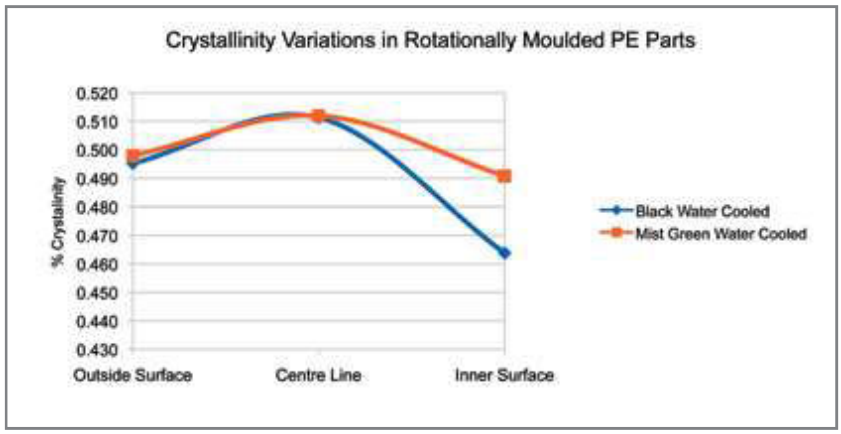
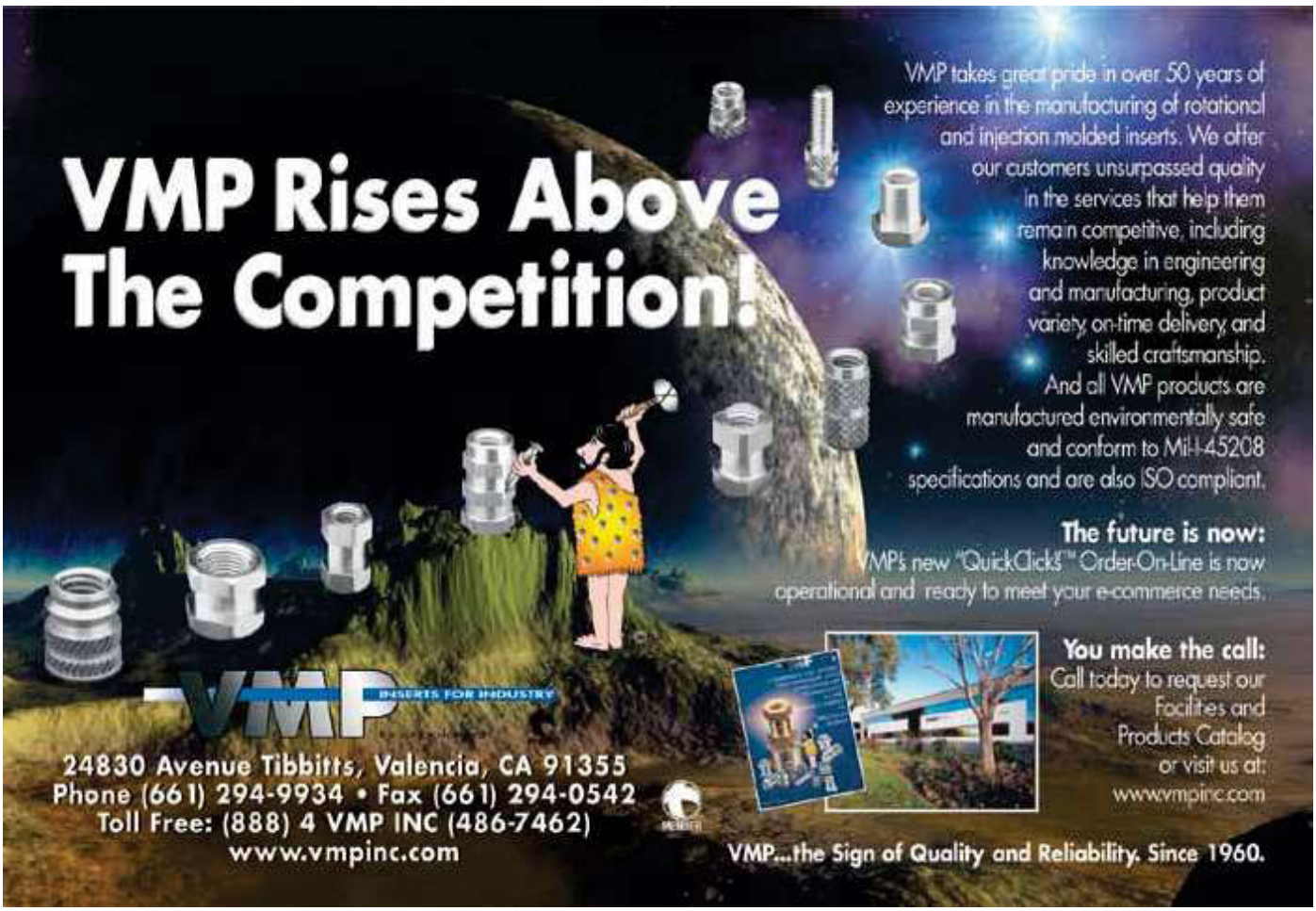


Figure 5: Measurement of Crystallinity across the Wall of Two Internally water Cooled Rotational Moulded Parts. Misurazione della cristallinità nella sezione di pezzi rotazionali raffreddati internamente ad acqua.

Per monitorare la temperatura durante le nostre prove, abbiamo posizionato nel Supacool dei trasmettitori di radio frequenza relativamente economici. Tre di queste unità sono state usate per registrare simultaneamente la temperatura dell'aria del forno, la temperatura della superficie dello stampo e la temperatura dell'aria interna. Questi trasmettitori comunicavano direttamente con un PC portatile per mezzo di un ricevitore USB. A causa dell'intensità del segnale spesso le temperature si ricevevano ad intermittenza. L'estremità della termocoppia che misura la temperatura dell'aria all'interno dello stampo si vede anche in Fig. 7. Si può notare che il punto di misura della temperatura dell'aria interna è localizzato molto



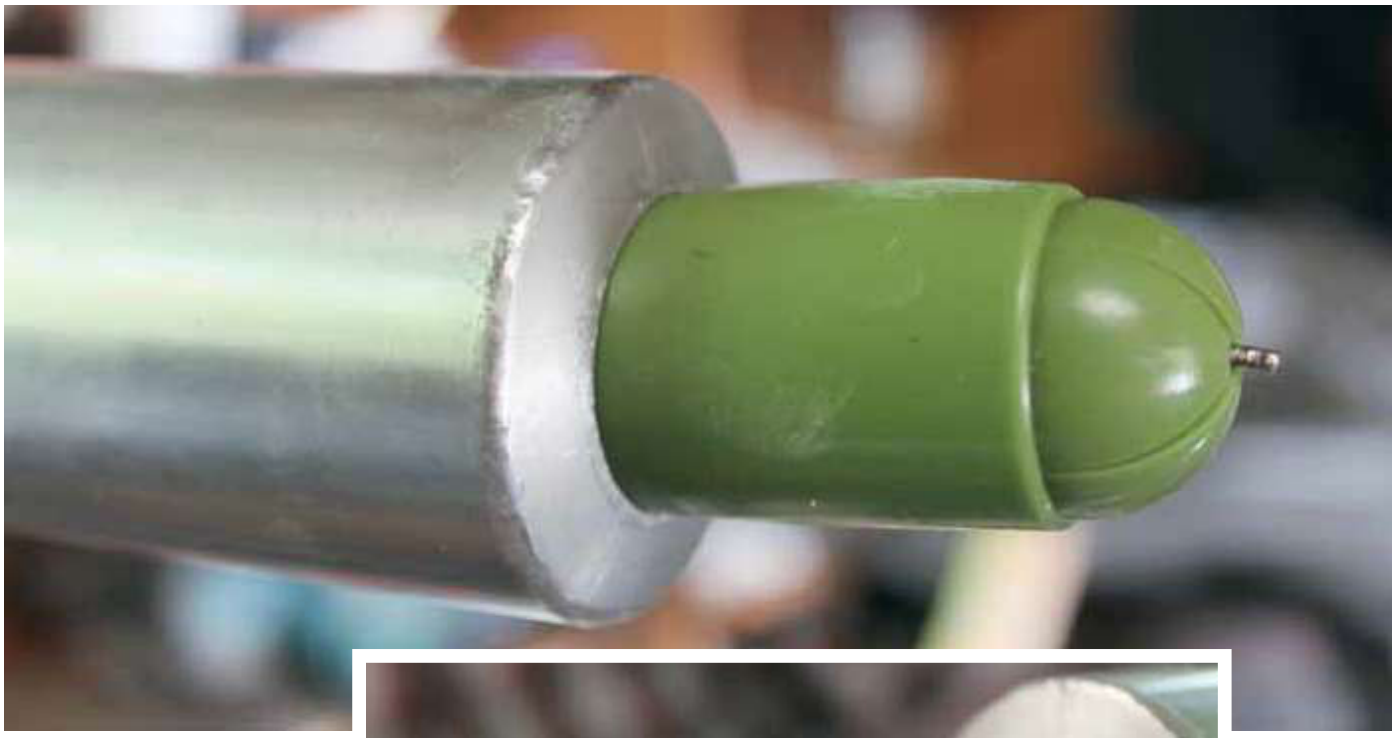


Figure 6: Supacool injector reset ready to start moulding.
Iniettore del Supacool pronto per un nuovo ciclo.

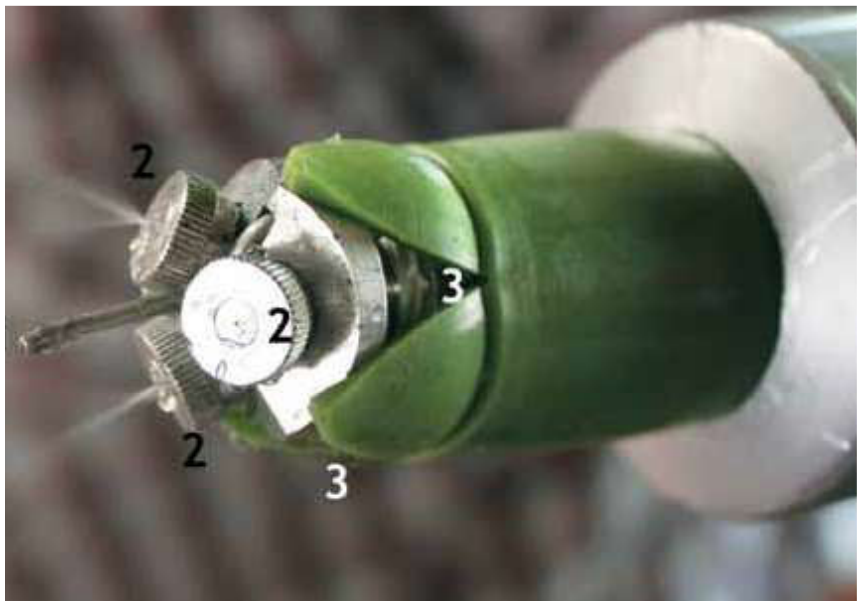


Figure 7: Supacool activated (1:Thermocouple, 2: Water Nozzles, 3: Steam Vents).
Supacool attivato (1: termocoppia, 2: ugelli nebulizzatori, 3: punti di sfiato del vapore).

Once fitted, the Supacool unit was filled using an adapted 400ml syringe with the required shot of water through the port in the base of the Supacool unit (Figure 3) and then the injector and nozzle were reset in preparation for the next cycle as shown in Figure 6. This process was carried out every cycle while powder was being placed in the mould.

To monitor the temperature in our trials, we were able to embed relatively low cost radio frequency transducers inside the Supacool unit. Three of these units were used to simultaneously record the oven air, mould surface, and internal temperature. These transducers communicated directly to a laptop computer via a USB receiver. Due to the power of these units, often temperatures were only received intermittently. The end of the internal air temperature thermocouple can be seen extending out of the closed Smart vent in Figure 6. The thermocouple can also be seen in Figure 7. Here you can see that the internal air temperature measurement point is located very close to the misting nozzles. While misting is in operation

vicino agli ugelli. Mentre funziona l'acqua nebulizzata, il dato in questo punto può non essere totalmente rappresentativo della temperatura dell'aria interna. La traccia della temperatura dell'aria interna ha un comportamento insolito. C'è bisogno di altro lavoro per capire completamente le fluttuazioni osservate.

Fig. 4 mostra le diverse tracce di temperatura tra un ciclo con e uno senza raffreddamento interno ad acqua. Quando lo stampo esce dal forno, la temperatura della superficie dello stampo diminuisce subito mentre la temperatura dell'aria interna continua a salire. Il ciclo con raffreddamento ad acqua, rappresentato dalle linee azzurra e blu, ha solo un minuto di riposo prima che inizi il raffreddamento ad acqua interno ed esterno, rappresentato dalla caduta di temperatura visibile in entrambe queste linee. Nell'altro caso, il ciclo standard richiede 3 minuti di riposo prima che si attivino le ventole, quindi la caduta di temperatura rappresentata dalle linee rossa

the temperature at this location may not be totally representative of the actual internal air temperature. There is some interesting behaviour in the internal air temperature trace. More work is required to fully understand the observed fluctuations.

Figure 4 demonstrates the difference in temperature traces between a cycle with and without internal water cooling. As the mould comes out of the oven, the mould surface temperature immediately drops while the internal temperature continues to rise. The water cooled cycle, represented by the blue lines, only had one minute of pre-cool before the internal and external water spraying began, thus the dramatic drop in both blue lines. On the other hand, the standard cycle requires 3 minutes of pre-cool before the cooling fans are activated, hence the drop in the red lines. The intermediate plateau occurs when the plastic starts solidifying. Then cooling continues until the mould is cool enough to handle. A time reduction of 14 out of 24 minutes was achieved from internal water cooling in this case. The cooling cycle used to produce the water cooled part of figure 4 included 1 minute of pre-cool, 5 minutes of external water spray, and 4 minutes of forced air to dry the mould. 600 ml (0.159 US gallon – liquid) of water was applied internally for this tank.

> “Products with internal water cooling will likely be less warped and display better impact performance.”

These trials showed that with internal water cooling, it is possible to cool the inside of the part faster than the outside. Therefore, to optimize cooling, Supacool also requires simultaneous external water spray in the cooling bay of the rotomould machine. This helps to improve the uniformity in the cooling profile between the interior and exterior of the plastic, and ultimately produces more consistent products.

In terms of the physical properties of the internally water cooled tanks, their impact strength, thermal stability, and level of crystallinity were analysed. All but one of our trial samples passed the ASTM Standard -40°C Impact Test. However, the one failure showed some high porosity, indicating that the part was under cooked. DSC tests carried out by Auckland University have shown that we have been able to achieve significantly more symmetric crystallinity profiles across the wall of the part. This means that the products with internal water cooling will likely be less warped and display better impact performance.

The limitation of the internally water cooled system as trialled is that for parts of about 500L or less, the water mist can start to affect the aesthetics of the interior surface. Even though the length of insertion of the misting nozzles is adjustable, the misting nozzles must be placed or directed reasonably centrally within the mould to avoid spraying too

e bordeaux. Il plateau intermedio rappresenta la plastica che inizia a solidificare. Poi il raffreddamento continua fino a quando lo stampo è abbastanza freddo per essere manipolato. In questo confronto utilizzando il raffreddamento ad acqua all'interno dello stampo è stata raggiunta una riduzione di tempo ciclo di 14 minuti su 24. Il ciclo di raffreddamento utilizzato per produrre i pezzi raffreddati ad acqua della Fig. 4 include: 1 minuto di riposo, 5 minuti di raffreddamento esterno con acqua nebulizzata e 4 minuti di raffreddamento ad aria per asciugare lo stampo. Sono stati utilizzati 600 ml di acqua per raffreddare internamente questo serbatoio.

Queste prove mostrano che utilizzando il raffreddamento interno ad acqua è possibile raffreddare la parte interna più velocemente di quella esterna. Quindi, per ottimizzare il raffreddamento, Supacool richiede l'utilizzo simultaneo di acqua anche all'esterno durante il ciclo di raffreddamento. Questo aiuta a migliorare l'uniformità del profilo di raffreddamento fra la parte esterna ed interna del pezzo e per finire produce dei pezzi più standardizzati.

Per quanto riguarda le proprietà fisiche dei pezzi raffreddati internamente ad acqua, sono state analizzate la resistenza all'impatto, la stabilità termica e il livello di cristallinità. Tutti tranne uno dei nostri campioni hanno superato il test di impatto a -40 °C fatto secondo lo standard ASTM. Comunque, quello che non ha superato il test, mostrava un alto grado di porosità che indica che non era cotto a sufficienza. Le prove DSC fatte dall'università di Auckland hanno mostrato che sullo spessore della parete del pezzo si sono ottenuti dei profilo di cristallinità notevolmente più simmetrici. E' legittimo ritenere che i pezzi raffreddati internamente ad acqua avranno minor deformazione e avranno migliori caratteristiche fisiche.

La limitazione del sistema di raffreddamento interno ad acqua riscontrato dalle prove è che per pezzi con capacità da 500 litri o meno, l'acqua nebulizzata può compromettere l'estetica della superficie interna del pezzo. Sebbene la posizione degli ugelli nebulizzatori sia regolabile, questi devono essere collocati o indirizzati in posizione abbastanza centrale nello stampo per evitare che spruzzino troppo vicino alla superficie interna del pezzo. Come regola di massima, la distanza tra la parete del pezzo e gli ugelli deve essere sufficiente per permettere all'acqua nebulizzata di scaldarsi e vaporizzare prima di arrivare sulla parete del pezzo. La distanza minima è stata stimata in 40 cm. Le prove non lasciano

close to the inner surfaces of the part. As a rule of thumb, it is believed that the distance between the walls of the part and the misting nozzles must be sufficient to allow the mist to heat and start vaporising before it reaches the walls of the part. This minimum distance was estimated to be 40cm (16"). There is no evidence to suggest that the observed 'mottling' on the inner surface has any negative impact on the physical properties of the final part as impact samples with mottled inner surfaces passed impact tests.

Of critical concern with the internal water cooling system is the potential for drips. Drips generally originated from leaks due to insufficiently tightened or improperly sealed junctions. The spraying nozzles are also another potential liability as contamination by either grit, mineral deposits, or interference from plastic build up can cause improper misting. For these reasons, distilled water is recommended for use with internal water cooling and a replaceable spray manifold cover is also required in order to prevent the plastic powder from entering the vent tube. In these trials, a 25mm (1") Smartvent was used. As shown in Figure 7, the nozzles will extend forward when activated and open up the cover before the misting begins. This also opens up the exit path for the steam to vent out of the mould.

Throughout our trials improvements were made to the spray manifold so that low pressure water would not be released as drips during the start-up of misting. However, when the unit runs out of water, misting can also be inconsistent and produce drips. For this reason, sufficient water was placed in Supacool so that the spraying stage completes well after the solidification of the plastic and thus have no effect on the final product.

Condensation of the steam in the finished product tends to result in a pool of roughly 100mL of water left at the bottom of the tank after the cycle. This poses a problem to clean out but simple solutions would include tipping the tank upside down or leaving the tank for sufficient time to dry.

Internal water cooling is a technology capable of increasing daily production of high quality rotationally moulded parts. A commercial offering is available that is easy to install, easy to use, and safe. If high quality internal surfaces are required on parts using internal water cooling, care has to be exercised to ensure that only water of small droplet size is released inside the part. The results from these trials showed cooling cycle reduced from 24 to 10 minutes while achieving a more symmetric crystallinity profile across the wall of the parts. Many thanks to Darren, Ivan, Pete, Andrew, Johan, Des, and Allan at RX for all your support.

For further information or discussion of internal water cooling practices, please contact Rory Jones at rory@supavent.com.

supporre che l'apparenza irregolare della superficie interna del pezzo abbia un effetto negativo sulle sue caratteristiche finali perché i campioni con superficie irregolare hanno superato il test di impatto.

Una questione critica con il raffreddamento interno ad acqua è il potenziale gocciolamento. Le gocce generalmente si generano da perdite dovute ad innesti che non sono stretti a sufficienza o non sono a tenuta. Anche gli ugelli possono essere una causa del gocciolamento perché sia sporco che depositi calcarei o l'interferenza con la polvere che forma la parte del pezzo possono causare una nebulizzazione scorretta. Per queste ragioni con Supacool è raccomandato l'uso di acqua distillata e si richiede inoltre una copertura sostituibile per evitare che la polvere si inserisca nel tubo di sfiato. Durante le prove è stato usato uno Smartvent G25. Come mostrato in Fig. 7, gli ugelli si estendono in avanti quando vengono attivati e aprono la copertura prima che inizi la nebulizzazione. Questo apre anche la via affinché il vapore esca dallo stampo.

Durante le prove sono stati fatti dei miglioramenti alla copertura in modo che l'acqua a bassa pressione non venisse sprigionata come gocce all'inizio della nebulizzazione. Comunque, quando l'acqua nell'unità Supacool si esaurisce, anche la nebulizzazione può essere irregolare e produrre gocce. Per questa ragione è stata messa nel Supacool una quantità sufficiente di acqua in modo che lo stadio di nebulizzazione fosse completato dopo la solidificazione della plastica e quindi non avesse effetti sul pezzo finito.

La condensa del vapore nel prodotto finito si traduce in una quantità di acqua pari a circa 100 ml che si deposita nel serbatoio a fine ciclo. Questo potrebbe essere un problema per la pulizia ma alcune semplici soluzioni sono capovolgere il serbatoio o far passare tempo sufficiente perché si asciughi.

La tecnologia del raffreddamento interno ad acqua può incrementare la produzione giornaliera di pezzi rotazionali di alta qualità. Supacool è ora sul mercato: è facile da installare, facile da usare ed è sicuro. Se è necessario ottenere dei pezzi raffreddati internamente ad acqua che abbiamo un'elevata qualità della superficie interna, si deve fare attenzione che venga rilasciata all'interno solo acqua in forma di goccioline di piccole dimensioni. Il risultato di queste prove ha dimostrato una riduzione del ciclo di raffreddamento da 24 a 10 minuti ottenendo una cristallinità più uniforme attraverso lo spessore di parete.

I nostri ringraziamenti vanno a Darren, Ivan, Pete, Andrew, Johan, Des e Alan della RX per tutto il loro supporto. Per ulteriori informazioni or per parlare di raffreddamento interno ad acqua contattare Rory Jones rory@supavent.com o la DRAM info@dramsrl.com.