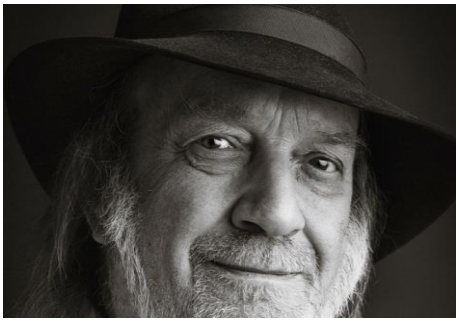
گذشته ، حال و اینده فرایند RTM در گفتگو با Alan Harper

RTM – past, present and future

Masoud Khaladj مسعود خلج (mkhaladj@yahoo.com)



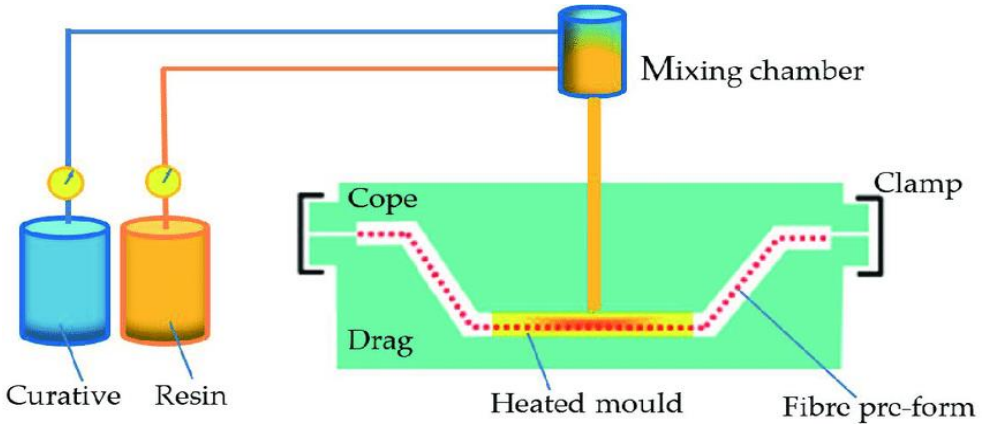
تصویر 1 – الن هارپر

مقدمه‌ای در باره آلن هارپر و فرایند RTM

به عنوان کسی که اشنایی جدی با فرایند RESIN TRANSFER MOLDING (قالبگیری انتقالی رزین) یا RTM را در شرکت کیش خودرو و به عنوان مدیر بخش بدنه خودروی تمام فایبر سیناد از بیست و چهار سال پیش داشته‌ام (خودرویی که چگونگی تولید و دلایل ناکامی ان بحث مفصلی را میطلبد و میدانم علاقه‌مندان زیادی هم دارد) و شاید چون اولین یا دومین نفر ایرانی اموزش دیده در تشکیلات آقای آلن هارپر (تصویر1 و 2) در انگلیس بوده‌ام و همچنین بدلیل استفاده از اختراع (PATENT) ایشان در ساخت بدنه سیناد و همچنین همکاری ابتدایی در پروژه بسیار بزرگی در فرودگاه دوبی و پس از اجرای پروژه های متعدد در ایران و امارات و ارتباط مستمر، میتوانم با قاطعیت بگویم که ایشان نقش بسیار پر رنگی در توسعه و اموزش این فرایند در جهان داشته‌اند و نام ایشان همواره با این فرایند گره خورده و اگر سه نفر را در این مبحث و در کل دنیا مطرح بدانیم بیشک ایشان یکی از ان سه نفر است .

تصویر 2 – اموزش در PLASTECK

از انجایی که متاسفانه تعداد قابل توجهی از تولید کنندگان قطعات فایبرگلاس (کامپوزیت یا چند سازه‌ای) سراغ این فرایند رفتند و موفق نبودند ، ارائه پرسش و پاسخ ایشان در مصاحبه با مجله REINFORCED PLASTIC در سال 2010 را برای علاقه‌مندان صنعت رزین بسیار مفید میدانم و شاید صنعتگرانی که هنوز با این روش اشنایی ندارند و احیانا میخواهند به ان دست یابند با مطالعه این سطور متوجه خواهند شد که صرفا خرید یک دستگاه تزریق رزین منجر به ایجاد این فرایند نمیشود . البته امروزه فرایند RTM (تصویر 3) با استفاده از الیاف کربن پیش شکل داده شده و پرس و بکارگیری اتوماسیون صنعتی تقریبا در صنعت چندسازه‌ای حرف اول را زده و هم اکنون گزینه شماره یک برای تولیدات محصولات چندسازه در کشورهای پیشرفته است که مطلب یا مطالب مفیدی برای علاقه مندان بزودی ارائه میشود .



تصویر 3 –شماتیکی از فرایند RTM

تاریخچه

مجله ***Reinforced Plastics*** : میتوانید به تاریخچه فرایندهای RTM و Light RTM (فرایند قالبگیری انتقالی رزین با قالب سبک) اشاره‌ای کنید ؟

آلن هارپر: از نظر من RTM بیش از 50 سال است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. من در سال 1973 هنگام کار در Aylesbury, Bucks ، انگلستان ، درگیر RTM شدم. ما یک دستگاه پمپ :11 را ازC&K Mouldings خریداری کردیم و اولین قالب RTM خود را ساختیم. وقتی به ان قالب فکر میکنم ، فناوری ساخت قالب ما وحشتناک بود زیرا وقتی رزین از طریق یک سوراخ در مرکز قالب تزریق می شد ، ما فقط هنگام بیرون زدن رزین از هر چهار گوشه ، کاملاً

می‌دانستیم که پر شده است. در نتیجه می‌توانید تصور کنید که پس از چند روز تولید ، ما چه مقدار زیادی رزین سخت زائد روی کف کارگاه داشتیم! به مرور بهتر شدیم و آب بندهای قالب را طوری طراحی کردیم که دور حفره قالب را در بر گیرد و لوله‌هایی را نصب کردیم تا رزین موجود را به داخل کاسه های تعبیه شده بر روی قالب هدایت کند. با این حال ، این پیشرفت شگرفی نبود ، و اگرچه قالب بسته محسوب میشد ، ولی با توجه به میزان متصاعد شدن استایرن و نیاز به تمیز کردن خروجی ها ، قالب همچنان یک قالب بدوی محسوب میگردید .

من نمی‌توانم با قاطعیت اولین کاربرد جدی RTM را عنوان کنم ، اما خوانده‌ام که یک شرکت هواپیماسازی درانگلستان شروع به استفاده از یک نوع فرایند RTM در اواخر دهه 50 کرده است.

تصویر 4 – یک قالب سنتی و سنگین RTM

مجله ***Reinforced Plastics*** : این فرایند از نظر اتوماسیون و کنترل چگونه توسعه یافت ؟

آلن هارپر: در اواسط دهه 80 بود که درجه‌ای از اتوماسیون در تزریق رزین ظاهر شد. پیشرفت اصلی برای از بین بردن نیاز کاربر برای رفتن به روی قالب همراه با نازل یا محل خروج رزین از (head) دستگاه تزریق ، فرو بردن آن به داخل محل تزریق قالب ، و محکم نگه داشتن آن در طول تزریق بود. پس از برداشتن نازل ، یک استوانه توپر به سرعت به

صورت دستی وارد محل تزریق میشد تا از جریان مجدد رزین به بیرون از این راهگاه جلوگیری کند. اکنون به این می‌خندیم اما واقعاً سالها اینگونه بود. (تصویر 4)

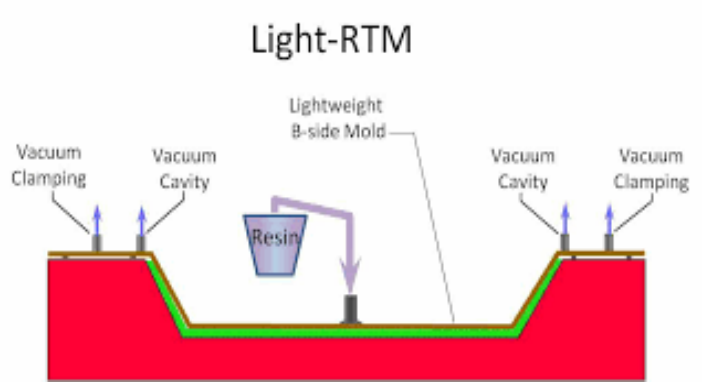
سپس شیر خودکار قطع و وصل رزین (AutoSprue– تصویر 13) ساخته شد که به موجب آن دستگاه می‌تواند به راحتی به پورت تزریق قالب متصل شود و به شما اجازه تزریق بدون دخالت دست و شستشو را می‌دهد. با این وجود رزین موجود همچنان باید به روش قدیمی مدیریت می‌شد.

Reinforced Plastics : اولین بار Light RTM (LRTM) چه زمانی مطرح شد؟

آلن هارپر: فناوری Light RTM برای اولین بار در آلمان در سال 1970 توسعه یافت. در سال 1996 ، ژان ژاک سیک ، مدیر Alwo در فرانسه ، فرایند Light RTM (تصاویر 6 و 7) را از طریق آلن فلورت از Chomarat به چارلز تور (متخصص قالب بسته فعلی تصویر 5، MVP USA) و ژان پل گالیش (مدرس بخش چند سازه (کامپوزیت) در AFPA ،انجمن ملی حرفه ای بزرگسالان فرانسه) معرفی کرد.

تصویر 5 – اقای چارلز تور یکی از اولین ابداع کنندگان فرایند LRTM

چارلز ، که به عنوان پشتیبانی فنی برای Socomer ، یک تامین‌کننده مواد اولیه در بلژیک کار می‌کرد ، به توسعه این فرایند ادامه و آموزش‌هایی را برای کمک به مشتریان خود در ساخت قالب انجام داد. همزمان ژان پل گالیش ، معلم AFPA (مرکز آموزش دولتی فرانسه) این فناوری را در برنامه‌های آموزشی ترکیبی خود گنجاند.



تصویر 6 – شماتیکی از قالب LRTM

در همان زمان ، شرکت Chomarat محصول ترکیبی و چندلایه و معروف خود را به نام ، Rovicore به بازار عرضه کرد ، که با ایجاد نفوذپذیری عالی برای تزریق رزین با فشار کم ، برای این فرایند بسیار مناسب بود.

تصویر 7 – یک قالب Light RTM

در سال 1998 ، بعد از چند روز نمایش (demonstration) برای شرکتهای AFPA Laval و Socomer ، شرکت Chomarat چارلز تور را به کار گرفت تا از تجربیات خود در این فرایند استفاده کند و به جهان سفر کرده و Rovicore را به مشتریان خود با استفاده از روش و قالب‌های جدید LRTM معرفی نماید.

تصویر 8- یک قالب Light RTM

در همان سال ، چارلز تور این فرایند را به Plastech ، شرکتی که من متعلق به آن بودم ، معرفی کرد و ما بلافاصله مزایا و پتانسیل واقعی Light RTM را دریافتیم. Plastech بلافاصله یک دستگاه RTM و لوازم جانبی قالب ، نوارهای آب‌بند و غیره را (تصویر 14 و 15) تولید و به صورت یک بسته یا package جهت فرایند Light RTM برای مشتریان خود فراهم و ارائه نمود. Plastech همچنین فناوری Light RTM را با دوره‌های آموزشی موجود RTM در سراسر جهان ترکیب کرد.

تصویر 9 – تولید انبوه قطعات چندسازه با استفاده از فرایند RTM

بنابراین معرفی فرایند Light RTM ، در دهه 90 ، بلافاصله یک سامانه (سیستم) تزریق رزین بسیار تمیزتر را نسبت به روش تزریق قبلی و بدون استفاده از خلا ایجاد کرد. جدای از مزیت اصلی آن در استفاده از قالبهای سبک و بسیار کم هزینه‌تر، این فرایند هرگونه نیاز کاربر به قرار گرفتن در معرض مخلوطهای رزین مایع و سخت کننده را از بین می برد. این امر منجر به یک افزایش تقاضای عظیم در برنامه استفاده از قالب های بسته در صنعت چندسازه‌ای شده است که امروزه نیز با مهارت بیشتر کاربران در پیش نیاز ساخت قالب‌های بسته خیلی دقیق خود ، همچنان ادامه دارد. ما در اینجا در مورد تزریق و استفاده از فقط خلا و یک فیلم پلاستیکی به عنوان یک کفه قالب (infusion molding) صحبت نمیکنیم، هر چند این فرایند را هم می توان یک سامانه قالب بسته نامید ، زیرا فقط یک سطح قالب به روش مهندسی ساخته میشود و معمولاً برای هر سیکل تولید به یک فیلم جدید نیاز میباشد.

تصویر 10 -کیوسک تلفن تولید شده با فرایند RTM

Light RTM (روش تزریق با استفاده از خلاء و قالبهای سبک) ، مانند روش اصلی و اولیه RTM ، دو نیمه قالب مهندسی شده دارد و اتلاف بسیار کمتری را با محیط کار کاملا تمیزتر از RTM سنتی ایجاد می کند (تصویر 11) . در Light RTM رزین در اطراف محیط قالب و در کانال مشخصی حرکت کرده و سپس به حفره یا cavity قالب سر ریز می شود. همه اینها تحت یک میزان خلا متوسط قرار دارند که مقدار تصاعد استایرن به محیط را تا حد بسیار زیادی کاهش میدهد.

تصویر 11 – مجموعه‌ای از قالبهای LRTM

تصویر 12–یک نمونه از دستگاه تزریق رزین مورد استفاده در فرایند RTM

برنامه‌های فعلی

Reinforced Plastics : در حال حاضر از فرایند LRTM در کجا استفاده می شود؟

آلن هارپر: به راحتی می‌توان گفت که LRTM اکنون یکی از روش‌های اصلی قالب بسته در سراسر جهان است و اگرچه پروژه‌های جدید RTM سنتی کمابیش هنوز در حال استفاده هستند ، اما تمایل به استفاده از آنها به حداقل خود رسیده است. دلیل ساده این است که قالب LRTM می تواند در یک سوم زمان و با یک سوم هزینه در مقایسه با روش سنتی ساخته شود ولی در عین حال یک قطعه تولیدی حرفه ای و دقیق را تحویل می دهد. ما همچنین نباید فراموش کنیم که LRTM به زیرساخت بسیار کمتری نیاز دارد و هزینه آن برای اجرای مشابه تولید نوع RTM سنتی بسیار سریعتر مستهلک می‌شود.

تصویر 13-شیر کنترل تزریق بر روی قالب

Reinforced Plastics : برای چه نوع قطعه‌هایی می توان از LRTM استفاده کرد؟

آلن هارپر: قبلاً گفته می‌شد که LRTM به قطعات کاملاً ساده و کوچک محدود می‌شود ، با این وجود بررسی‌ها نشان داده است که قطعاتی با زاویه منفی‌های پیچیده ، انواع قطعات در نهفته (inserts) فلزی و فوم در حال حاضر توسط LRTM تولید می‌شوند. حتی قطعات چندسازه با میزان بالای نسبت الیاف به رزین (55-62٪) توسط فناوری LRTM و

با استفاده از سامانه های تزریق رزین های خاص در 80 درجه سلسیوس و نیاز به پخت تکمیلی در 180 درجه سلسیوس تولید می شوند.

اندازه قطعه نیز محدود نیست ، همانطور که در صنعت قایق‌سازی دیده می‌شود. یک مثال عالی ، سازنده قایق Jeanneau در فرانسه ، بیش از شش سال است که یک عرشه قایق بادبانی پیچیده 42 فوت مربع را توسط LRTM تزریق می کند و به تولید قالب بسته برای تمام بدنه خود ادامه می‌دهد.

تصویر 14-کاسه جمع‌اوری رزین بر روی قالب

Reinforced Plastics : فرایند LRTM برای چه شمار (تیراژ) قطعاتی مناسب است؟

آلن هارپر: چند سال پیش ما یک فناوری به نام پوسته‌های متعدد در قالب RTM یا (Multiple Insert Tooling) یا به اختصار MIT را معرفی کردیم که به موجب آن یک کفه یا نیمه قالب رزین "A" RTM دارای چندین نسخه قالب به صورت پوسته است. در حالی که یکی تزریق می‌شود ، دیگری می‌تواند با پوشش ژل (gel coat) پوشانده شده ، و بر روی دیگری الیاف شیشه قرار داده شود. این امر باعث افزایش جدی در تولید بالقوه از یک مجموعه قالب شده و به عنوان پاسخی برای سرعت بخشیدن به زمانهای سیکل تولید مطرح میشود. زیرا تنها عامل اصلی و تعیین‌کننده در زمان فرایند سرعت تزریق و پخت قطعه است. پوسته های MIT از قبل بااعمال پوشش ژل و الیاف اماده شده و به سرعت جایگزین پوسته قبلی که رزین ان به حد اولیه سختی و پخت رسیده ، می‌شوند.

بنابراین تیراژهای مشابه با تولید بالاتر نیز می‌توانند از نظر اقتصادی تحقق یابند ، خصوصاً اینکه دیگر از یک پرس مکانیکی پرهزینه استفاده نمی‌کنیم.

یک قالب ساز برزیلی ، MVC ، در واقع با استفاده از چندین مجموعه قالب LRTM ، تولید قطعات دارای پوشش ژل را با مساحت 1.5 متر مربع را با سرعت 650 عدد در روز بدست آورد.

امروزه ، ما اغلب به مشتریان توصیه می‌کنیم که حداقل دو نیمه قالب بالایی A و یک نیمه پایینی B تهیه کنند زیرا این امر بلافاصله پتانسیل دو برابر تولید قالب روزانه را فراهم می‌کند ، در حالی که فقط یک سوم هزینه ساخت دو قالب را متحمل می‌شوند.

تصویر 15-برخی اقلام مربوط به قالبسازی

تحولات فعلی

Reinforced Plastics : کمپانی MVP امریکا به تازگی سامانه تزریق با کنترل پنوماتیک را راه‌اندازی کرده است.

دلایل پشت آن چیست؟

آلن هارپر: طبیعتاً تجهیزات تزریق قالب طی سالها به طور مداوم توسعه یافته است. اگرچه بسیاری از افراد تمایل به کنترل الکترونیکی با استفاده از PLC و قابل برنامه ریزی داشته‌اند ، اما MVP با تهیه فرم جدیدی از PLC (کنترل منطقی پنوماتیک) به این نیاز پاسخ داده است. به عنوان مثال ، مدل دستگاه تزریق PneuJect III با استفاده از هوا ، هشدار دهنده‌های افزایش قابل برنامه‌ریزی یاریگر (کاتالیزور) ، هشدار جریان شستشو و جریان یاریگر ، کنترل فشار/ جریان دقیق تزریق و سطح یاریگر و حلال را ارائه می دهد. همه این ویژگی‌ها بدون نیاز به استفاده از هرگونه سخت افزار الکتریکی ارائه می‌شوند. قابل درک است که در محیط کارگاه FRP این ویژگی بیشتر قابل‌قبول باشد.

Reinforced Plastics : چه پیشرفت‌های دیگری در تجهیزات ارائه می‌شود؟

آلن هارپر: باز هم ، با دور شدن از هر نوع سنسور یا حسگرالکتریکی فشار استاندارد (فشار درون قالب حین تزریق)، مشخص شد که نیاز به سنسور فشار صرفا پنوماتیک میباشد. این امر منجر به معرفی حسگر یا سنسور فشار / خلا پنوماتیک (PPVS) شد که به موجب آن فشار تزریق داخل قالب LRTM حس شده و در نتیجه با اطمینان سطح خروجی دستگاه کنترل میگردد.

یک توسعه بیشتر نیز در بحث حسگر پنوماتیک ایجاد شد ، که به منظور حس یا تعیین زمان رسیدن رزین به نقطه پر شدن نهایی قالب یا یک منطقه پر کردن نهایی شده است (توضیح اینکه در حین تزریق و در حالی که هنوز قالب کاملا پر نشده باید تزریق متوقف شود تا میزان خروجی رزین از قالب حداقل گردد. در غیر اینصورت اگر تزریق تا پر شدن قالب ادامه یابد رزین موجود در لوله دستگاه و انچه که با ادامه مکش پمپ وکیوم از قالب کشیده میشود باعث پر شدن ظرف روی قالب خواهد شد). این ویژگی قالب را قادر می‌سازد تا در هنگام قطع تزریق به دستگاه سیگنال بدهد و بنابراین نیاز کاربر (اپراتور) برای حدس زدن شمارش دستگاه تزریق و از پیش تعیین شده را از بین می‌برد. همچنین با کنترل سیگنال خاموش شدن بدون درگیری کاربر ، می توان به صورت خودکار چندین دریچه خلا را در قالب های بزرگ کنترل کرد.

تمام این پیشرفت‌های تجهیزات پنوماتیک خالص باید از ابتدا طراحی می‌شدند زیرا هیچ معادل بادی در بازار وجود نداشت.

مسائل فعلی

Reinforced Plastics : صنعت RTM با چه چالش‌هایی روبرو است؟

آلن هارپر: فرایندهای پرسی با استفاده از مواد حد واسط SMC و همچنین BMC به طور طبیعی رقیب فرایند LRTM هستند ، با این وجود میزان و سطح سرمایه‌گذاری برای قالب‌های فولادی ، پرس مورد نیاز بسیار فراتر از سرمایه‌گذاری در انواع فرایندهای تزریق میباشد ، البته میزان تیراژ تولیدی تعیین کننده اصلی انتخاب نوع فرایند است و هرکدام شایستگی های خود را داشته و به حیات خود ادامه خواهند داد.

حرکت عمده بسیاری از قالب سازان به سمت VACUUM INFUSION (قالبگیری مکش رزین با خلا) به عنوان دور شدن از فرایندهای قالب‌گیری باز ، ادامه دارد. با این حال ، هنگام در نظر گرفتن محدودیت‌های تزریق در مقایسه با فرایند LRTM قابل مقایسه ، بدلیل استفاده از یک لایه یا فیلم پلاستیکی سطح مهندسی شده روی یک طرف قطعه ایجاد

نمی شود ، همراه با این واقعیت که برای دستیابی به حذف هزینه ساخت یک نیمه قالب 'LRTM 'B، شخص می تواند تصمیم خود را بگیرد که کدام فناوری صرفه مالی و فنی خواهد داشت. البته در نظر داشته باشید که با روش VACUUM INFUSION هزاران تن مواد یکبار مصرف هر ساله به زباله های زمین اضافه می‌شود ، که به سختی‌های یافتن راه حل برای سبز نگه داشتن سیاره ما می‌افزاید.

چالش اصلی RTM / RTM Light این است که تولید کننده‌های سنتی قطعات چندسازه سنتی (FRP یا FIBER REINFORCED PLASTIC) بتوانند زودتر از فرایندهای قالب باز دستی و پاششی (HAND LAY UP / SPRAY UP) فاصله بگیرند قبل از اینکه قانونگذار به دلیل ممنوعیت بیشتر سطح انتشار استایرن ، این فعالیت‌ها را متوقف کند.

برای دستیابی به این مهم ، حتی در شرایط اقتصادی فعلی ، مقامات دولتی باید این الزام را درک کنند که کمک هزینه بیشتری برای آموزش فناوری قالب بسته به کارگاههای چندسازه یا فایبرگلاس سنتی در سراسر صنعت ارائه دهند. اگر آنها به سادگی و بدون اعطای کمک مالی برای ارتقا و انتقال به فرایندهای قالب بسته مدرن تر ، قانون کاهش VOC یا Volatile Organic Compounds(که معمولا در این صنعت استایرن است) خود را تشدید کنند ، پس آنها به سادگی مسئول انقراض صنعت تولید قطعات چندسازه یا FRP عمومی و کارگاههای بسیاری خواهند بود.

دوره‌هایی درآموزش فناوری فرایند و ساخت قالب وجود دارد که توسط چند بنگاه اقتصادی تجاری برگزار می شود ، اما این دوره ها تا حدودی موقت بوده و هنوز از نظر آکادمیک شناخته نشده است. همچنین ، پس از بحث در مورد این موضوع در Composites Europe 2009 ، آشکار شد که هیچ یک از سازمانهای دانشگاهی صنعتی ، مرکزی برای رفع این نیاز ایجاد نکرده اند.

مشکلات و چالشهای در شروع استفاده از فرایند

Reinforced Plastics : طبق تجربه شما ، شرکت‌ها با شروع استفاده از فرایند RTM با چه مشکلاتی روبرو می‌شوند؟ چگونه می‌توانند از این موارد جلوگیری کنند؟

آلن هارپر: شایعترین مشکلی که شرکتها / افراد هنگام انتقال به فناوری قالب بسته با آن روبرو هستند این است که می‌توانند نیمه پایینی قالب B را مطابق با دقت کافی برای تولید یک مجموعه قالب بسته بسازند . بسیاری از آنها یا نمایش های زنده (PRESANTATION) را در نمایشگاه‌ها مشاهده کرده و تصور می‌کنند که ساخت یک نیمه قالب بالایی مهندسی با نوارهای آب‌بند و کانالهای دقیق و .... یک کار ساده است. با این وجود ، به دلیل عدم دانش کافی در مورد

دستیابی به دقت ، بسیاری از آنها شکست خورده‌اند. رعایت سطح تلرانس ابعادی برای موفقیت لازم است. این جنبه و موارد دیگر ، موضوعات رایج در دوره های آموزشی خوب و مفید است ، که در آن تمام مسائل مربوط به فناوری توضیح داده میشود ، از جمله ، برای مثال ، کنترل خروجی ماشین تزریق، بهترین روش در مورد انتخاب و قرار دادن نوارهای آب‌بند ، تزریق و خلا، ، انتقال حرارت قالب و مواد قالب ، همه همراه با دروس عملی.

نشت خلا نیز یکی از مشکلات رایج در LRTM است. بسیاری از آنها را می توان در اتصالات خلا و تزریق ضعیف نصب شده در نیمه بالایی قالب ردیابی کرد. بدیهی است که سازنده قالب باید در این نقاط توجه ویژه‌ای داشته باشد ، با این وجود یک قطعه در نهفته جهت قالب (اینسرت , MOLD INSERT) مشترک و متحدالشکل در کشورهای مختلف برای تمام اتصالات بسیار مفید است. ما نیاز به ساخت و توسعه چنین اتصالاتی را برای کمک به سازندگان قالب با استاندارد شناخته شده متوجه شدیم. بنابراین فقط یک قطعه درنهفته مشترک و جهانی برای کاربرد در انواع اتصالات مورد استفاده در تولید از محل تزریق ، اتصالات خلاء روی فلنج ، اتصالات دریچه خلاء روی سطح قالب (Catchpot) ، اتصالات مربوط به سنسورهای پنوماتیک یا الکترونیکی و اجکتور هوا مورد نیاز است.
شرکتهایی که هنوز از فرایندهای دستی و پاششی استفاده میکنند ، وقتی وارد قالب بسته می‌شوند ، دچار شوک فرهنگی فناوری می‌شوند!! روش‌های سنتی کار با قالب باز باید کنار گذاشته شود زیرا کنترل دقیق‌تر دما و زمان ژل شدن ، همراه با رویکرد مهندسی بیشتری برای چرخه‌های تولید مورد نیاز است.

توسعه و پیشرفتهای آتی

Reinforced Plastics : آینده فرایند RTM / LRTM چیست؟
آلن هارپر: فرایندهای قالب بسته برای ادامه کار در صنعت وجود داشته و خواهند داشت زیرا بیشتر انها ، و اگر نه همه ، مصوبات قانونی جدید در مورد انتشار گازهای VOC مانند استایرن را برآورده می کند. آنها همچنین محیط کار به مراتب بهتر، تمیزتر و از نظر اجتماعی قابل قبولتری در کارگاه FRP را فراهم می‌کنند. امتیاز اضافی این فرایند تولید قطعات فاقد حباب (بدلیل استفاده از خلاء) است و داشتن سطح مناسب کیفی و مهندسی در دو طرف قطعه را نیز نمی‌توان دست کم گرفت.
اخیرا تزریق رزین از قالب B یا نیمه پایینی از طریق یک ورودی ، با از بین بردن هدر رفتن کل رزین در کانال پیرامونی حفره قالب ، کاهش قابل توجه بیشتری از ضایعات را نشان داده است. عموماً در این روش تزریق سوراخ روی قطعات دارای ابعاد به نسبت بزرگ اعمال می‌شود. به عنوان مثال ، یک پانل اتوبوس به ابعاد 3/2 متر طول و 0/3 متر عرض است. در

مورد چنین قطعه‌ای طول رزین ضایعاتی با مقطع کانال مزبور حدود 7 متر خواهد بود !! که با روش مزبور این میزان ضایعات حذف میشود .

این سبک از تزریق همچنین در ساخت تیغه توربین بادی با روش LRTM نیزاعمال می‌شود که تا به امروز به طور کلی با مکش رزین با خلا و زیر یک پوشش پلاستیکی (film infusion) تولید شده است.

روند تمایلی در صنعت چندسازه یا FRP همچنان کاهش میزان در VOC ها و هزینه‌های ساخت قالب و استفاده از سامانه‌های کنترل پیشرفته‌تر است. فرایندهای RTM / LRTM تنها در صورت زنده ماندن این پیشرفت‌ها ادامه می‌یابند و کاربران آنها نیز برای استفاده از پیشرفت‌های فرایند موجود بایستی اموزش به روز داشته باشند.

مرجع : مجله REINFORCED PLASTIC سال 2010

https://www.materialstoday.com/composite-processing/features/rtm-past-present-and-future/

با افزودن یک مقدمه لازم و گذاشتن برخی از تصاویر برای فهم بهتر موضوع