



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد تهران جنوب  
دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد “*M.Sc*”  
مهندسی پلیمر - صنایع پلیمر

عنوان :

فرآیند نفوذ در خلاء

استاد راهنما :

نگارش :

## فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان مطالب
1.....	چکیده فارسی.....
2.....	مقدمه.....
	فصل اول: کلیات
4.....	1-1) معرفی فرایند.....
5.....	1-2-1- آماده سازی و تجهیزات فرآیند نفوذ در خلاء.....
6.....	1-2-1-1- مرحله 1.....
6.....	1-2-1-1- قالب.....
6.....	1-2-1-2- تقویت کننده.....
6.....	1-2-1-3- مواد واسط جریان یا مغزی ها.....
7.....	1-2-2-1- مرحله 2.....
7.....	1-2-2-1- خطوط تزریق رزین و خلاء.....
9.....	1-2-2-2-1- خلاء.....
9.....	1-2-3-1- مرحله 3.....
9.....	1-3-2-1- کیسه خلاء و چسباندن خطوط تغذیه رزین.....
10.....	1-3-2-2-1- تکنولوژی کیسه خلاء قابل استفاده مجدد.....
10.....	1-3-3-2-1- تله رزین.....
10.....	1-4-2-1- مرحله 4.....
10.....	1-4-2-1- پمپ خلاء.....
11.....	1-5-2-1- مرحله 5.....

- 11-5-2-1 - آمادگی برای تزریق.....11
- 6-2-1 - مرحله 6.....12
- 1-6-2-1 - نفوذ رزین.....12
- 7-2-1 - مرحله 7.....13
- 1-7-2-1 - تجربه و آزمایش برای بهبود.....13
- 3-1 - دمای رزین.....13
- 4-1 - کرنومتر و مایک علامت گذاری.....13
- 5-1 - تغییرات در سیستم فرآیند.....13
- 6-1 - نمای کلی تکنولوژی SCRIMP.....16
- 7-1 - پارامترهای موثر در فرآیند.....27
- 8-1 - مزایا.....29
- 9-1 - معایب.....31
- 10-1 - کاربردها.....32
- 11-1 - پیشنهادات و راهکارها.....33
- فصل دوم: مقایسه فرایند نفوذ در خلا با فرایندهای لایه گذاری دستی و قالب گیری تزریقی رزین
- 1-2 - نفوذ در خلا جایگزین مناسب لایه گذاری دستی.....36
- 2-2 - واکنش لمینت های ضخیم تقویت شده با الیاف شیشه، تولید شده به روش HL و VI در برابر ضربات مکرر.....37
- 3-2 - مقایسه فرایند نفوذ در خلا و قالب گیری تزریقی رزین.....42
- 1-3-2 - مقدمه.....44
- 2-3-2 - فرایند RTM.....44

- 45..... 3-3-2 قالب گیری نفوذی رزین – آزمایشات
- 46..... 4-3-2- خواص استحکامی کامپوزیت ماتریس پلیمری تشکیل یافته به روش های VI و RTM
- 48..... 5-3-2- تاثیر دما
- 48..... 6-3-2- تاثیر دما و زمان
- 49..... 7-3-2- نتایج آزمایشات
- فصل سوم : کنترل فعال فرایند نفوذ در خلا
- 51..... 1-3- مقدمه
- 52..... 2-3- کنترل فعال
- 53..... 3-3- فناوری حسگر جریان
- 54..... 4-3- کنترل جریان درون خطی با تجزیه و تحلیل تصویر
- 56..... 5-3- نتایج
- فصل چهارم: بررسی موردی فرایند نفوذ در خلا
- 57..... 1-4- تغییر ضخامت قطعه و فشار و تراکم در فرایند نفوذ در خلا
- 58..... 1-1-4- تاثیر جریان رزین بر تراکم ساختار
- 60..... 2-4- بهبود کیفیت سطح در نمونه های تولید شده به روش VI
- 63..... 3-4- استحکام بافت میوه ای به وسیله فرایند نفوذ در خلا
- 64..... فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات
- 65..... 1-5- مراجع فارسی
- 66..... 2-5- مراجع انگلیسی
- 68..... 3-5- چکیده لاتین

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول 1-2 - پارامترهای تشکیل کامپوزیت ماتریس پلیمری .....	46
جدول 2-2 - جدول 2-2.....	47
جدول 2-3- تاثیر دما روی خواص استحکامی کامپوزیت ماتریس پلیمری تولید شده به روش RTM.....	48
جدول 2-4- تاثیر دما و زمان روی خواص استحکامی کامپوزیت ماتریس پلیمری .....	49
جدول 3-1- نمونه های با کنترل فعال بهبود چشمگیری در قابلیت نفوذ در مقایسه با نمونه های غیر کنترلی نشان می دهد.....	55

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل 1-1- اجزای اصلی فرایند نفوذ در خلاء.....	5
شکل 2-1- چینش اجزای قالب در فرایند .....	5
شکل 3-1- واسط جریان (Enkafusion) که متشکل از مغزی نمدی و یک پوشش تراوا است.....	7
شکل 4-1- افزودن خطوط جریان رزین.....	8
شکل 5-1- قرار دادن سه راهی در دو لایه واسط جریان.....	8
شکل 6-1- نحوه اعمال خلاء.....	9
شکل 7-1- مجرای رزین با نگهدارنده و انتهای شیب دار.....	12
شکل 8-1- مجرای نقطه ای رزین و خلاء .....	14
شکل 9-1-مجرای خطی رزین و خلاء.....	14
شکل 10-1- استفاده از نوار فرم برای ایجاد مجرای خطی.....	15
شکل 11-1- یک نمونه معمولی SCRIMP.....	16
شکل 12-1- مرحله یک در فرایند نفوذ.....	17
شکل 13-1- مرحله دو در فرایند نفوذ.....	18
شکل 14-1- مرحله سه در فرایند نفوذ.....	19
شکل 15-1- مرحله چهارم در فرایند نفوذ.....	20
شکل 16-1- مرحله پنجم در فرایند نفوذ.....	21
شکل 17-1- مرحله ششم در فرایند نفوذ.....	22

- شکل 1-18- مرحله هفتم در فرایند نفوذ..... 23
- شکل 1-19- مرحله هشتم در فرایند نفوذ..... 24
- شکل 1-20- مرحله نهم در فرایند نفوذ..... 25
- شکل 1-21- مرحله دهم در فرایند نفوذ..... 26
- شکل 2-8- تصاویر نمونه HL ضربه زده شده در  $3/1\text{m/s}$  ..... 42
- شکل 2-9- تصاویر نمونه VIP ضربه زده شده در  $3/1\text{m/s}$  ..... 42
- شکل 2-10- تجهیزات RTM ..... 44
- شکل 2-11- قالب بسته استفاده شده در روش RTM..... 45
- شکل 2-12- تجهیزات قالب گیری فرایند نفوذی رزین..... 46
- شکل 2-3- موقعیت جریان و منطقه آغشته نشده وقتی که رزین در آزمایشات نفوذ غیر قابل کنترل به محفظه خروجی می رسد..... 55
- شکل 3-4- (a) عکس SEM از بافت سیب و (b) نمونه اشباع و کنترل شده ..... 62

## چکیده:

فرایند نفوذ در خلاء Vacuum infusion process که به اختصار (VIP) نامیده می شود روشی است که از فشار خلاء برای وارد کردن رزین درون قالب استفاده می کند، در این روش الیاف خشک درون قالب قرار داده شده با کیسه خلاء آب بندی شده، به آن خلاء اعمال می شود. وقتی خلاء کامل ایجاد شده رزین طریق یک مجرا به درون قالب کشیده می شود. از این روش برای ساخت قطعات کامپوزیتی در مقیاس بزرگ با کیفیت بالا و حجم کم تولید استفاده می شود و در جائیکه استحکام بالا و وزن کم ضروری است، مناسب می باشد. نفوذ در خلاء یک فرایند قالب بسته است، انتشار مواد فرار تقریباً صفر است زیرا آغشته شدن الیاف در کیسه خلاء رخ می دهد و در نتیجه آلودگی محیط کار کمتر خواهد بود.

طراحی قالب فرایند VI مشکل است چرا که از روی تجربه طراحی می شود، نیمه بالایی قالب انعطاف پذیر بوده در نتیجه هزینه ساخت قالب کاهش می یابد.

اگر فرایند اتوماتیک شده باشد نمونه ها تفاوت زیادی در کیفیت ندارند، سرعت ساخت در این فرایند بالاست، دقت جزئیات افزایش و هزینه ساخت کاهش یافته است.

هدف نهایی فرایند VI این است که رزین سریعتر و بهتر جریان یابد و محصول با کمترین Void داشته باشیم.

بنابراین می توان از یک سیستم کنترل فعال که قادر به کنترل و هدایت جریان رزین بوده و هر گونه انحرافی را از الگوی جریان واقعی مشخص می سازد و عملکرد اصلاحی مناسبی بکار می گیرد، استفاده کرد و بدین وسیله فرایند نفوذ را تا بدست آوردن کیفیت مورد نظر قطعات کنترل کرد.

یکنواختی تولید، در صد الیاف بالاتر و در نتیجه قطعات با استحکام بیشتر، انتشار استایرن کمتر در محیط نیاز به نیروی انسانی کمتر، کاهش اتلاف رزین و تجهیزات ارزان تولید از مزایای این فرایند محسوب می شوند.