بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب **کامل عزیزپور** متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکرگردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف(در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی اثر متعلق به دانشگاه شهید رجایی می‌باشد.[1]

امضاء

کامل عزیزپور

۱- تهران – لویزان – کدپستی ۱۶۷۸۸- صندوق پستی ۱۶۳-۱۶۷۸۵ تلفن ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ (داخلی ۲۳۴۷)نمابر ۲۲۹۷۰۰۱۱
پست الکترونیک sru@sru.ac.ir

دانشکده مهندسی مکانیک

تحلیل تجربی تاثیر پارامترهای فرآیندجوشکاری اصطکاکی اغتشاشی بر خواص مکانیکی جوش لب به لب نانو کامپوزیتهای پایه پروپیلن– خاک رس

نگارش:

کامل عزیزپور

اساتید راهنما:دکتر نصرا.. بنی مصطفی عرب

دکتر حمید رحیمی

استاد مشاور : دکتر فرامرز آشنای قاسمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید

خرداد ماه ۹۱

شماره: ۹۲/۱۱۳۲۶
تاریخ: ۹۲/۳/۸
پیوست:

بسمه تعالی

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

صورتجلسهٔ دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تاییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد جناب آقای **کامل عزیزپور** رشتهٔ **مهندسی‌مکانیک–ساخت‌وتولید** تحت عنوان **تحلیل تجربی تاثیر پارامترهای فرآیند اصطکاکی اغتشاشی بر خواص مکانیکی جوش لب به لب نانو کامپوزیت‌های pp–خاک‌رس**، که در تاریخ ۹۱/۳/۳۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

☑ قبول (با درجه بسیار خوب امتیاز ۱۸/۵) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود.

۱ ـ عالی (۲۰ – ۱۹)

۲ ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ – ۱۸)

۳ ـ خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶)

۴ ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ – ۱۴)

۵- غیرقابل قبول (کمتر از ۱۴)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر نصراله بنی‌مصطفی‌عرب	استادیار	
استاد راهنما	دکتر حمید رحیمی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر فرامرز آشنای‌قاسمی	استادیار	
استاد داور داخلی	دکتر عبدالحسین جلالی	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر رضا اسلامی‌فارسانی	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکترامیر عابدی	استادیار	

دکتر غلامحسن پاکیزه
رئیس دانشکده مهندسی مکانیک

تهران، لویزان، کد پستی: ۱۵۸۱۱–۱۶۷۸۸
صندوق پستی: ۱۶۳–۱۶۷۸۵
تلفن: ۹–۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس: ۲۲۹۷۰۰۳۳
Email: sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

با سپاس ازسه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم
موهایشان سپید شد تا ماروسفید شویم
و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

تقدیر و تشکر

بدون شک پیشرفت روز افزون دانش بشری مدیون و مرهون تلاش انسان‌هایی است که بی هیچ چشم داشتی داشته های خود را بی دریغ در اختیار دیگران می‌گذارند. به همین دلیل به رسم وفا، بر خود لازم میدانم از زحمات بی منت اساتید گران‌قدر **دکتر نصرا.. بنی مصطفی عرب، دکتر حمید رحیمی و دکتر فرامرز آشنای قاسمی** کمال تقدیر و تشکر را به عمل آورم. باشد که قطره ای از دریای زحمات این بزرگواران را جبران کرده باشم.

چکیده

نانوکامپوزیت‌ها از جایگاه ویژه ای برخوردار هستند. حضور ذرات و الیاف در ساختار نانوکامپوزیت‌ها معمولاً باعث ایجاد استحکام در ماده‌ی پایه می‌شود. با توزیع مواد پرکننده درون ماده پایه خصوصیاتی نظیر استحکام، سختی و تخلخل تغییر می‌کند. نانوکامپوزیت‌های پلیمری عموماً دارای استحکام بالا، وزن کم و پایداری حرارتی بالا هستند. با افزودن درصد کمی از نانوذرات به یک پلیمرخالص، استحکام کششی، استحکام تسلیم و مدول یانگ افزایش چشمگیری می‌یابد. یکی از روش‌های اتصال نانوکامپوزیت‌ها فرآیند جوشکاری می‌باشد. فرآیندهای جوشکاری که بر روی نانوکامپوزیت‌های پایه پلیمر تا کنون انجام شده است عبارتند از ۱- جوشکاری لیزر ۲- جوشکاری ارتعاشی ۳- جوشکاری با صفحات داغ

روش جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی روشی است که انجام آن با یک دستگاه فرز معمولی نیز امکان‌پذیر می‌باشد و مزایای بسیاری مانند حالت جامد بودن این فرآیند، نداشتن تخلخل و اعوجاج در جوش، نیاز نداشتن به گاز محافظ و فلز پرکننده، نیاز نداشتن به جوشکار ماهر و .... ، را دارد. در این تحقیق ابتدا صفحات نانوکامپوزیت پلیمر- خاک رس با ضخامت ۵ میلی متر ساخته شده که این صفحات شامل پلی پروپیلن با۰٪، ۳٪ و ۶٪ وزنی نانو خاک رس بودند. سپس تحت شرایط مختلف پارامترهای فرآیند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی جوشکاری به صورت لب به لب با چهار ابزارِ مختلف جوشکاری شدند در نهایت بهترین ابزار از بین چهار ابزار ساخته شده انتخاب گردید. در مرحله بعد با استفاده از تکنیک طراحی آزمایشات و روش پاسخ سطح، تأثیر پارامترهای سرعت دورانی، سرعت پیشروی و درصد وزنی نانو خاک رس بر استحکام کششی اتصال جوش داده شده بررسی شد. نتایج نشان داد که با سرعت دورانی ۱۰۰۰ rev/min و سرعت جوشکاری ۸ mm/min برای ۰٪، ۳٪ و ۶٪ وزنی نانو خاک رس، استحکام کششی ماکزیمم و حالت بهینه به ترتیب ۱۸/۳۲، ۱۰/۲۷ و ۷/۰۲MPa به دست می‌آید.

کلیدواژه‌ها: جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی، نانو کامپوزیت پلی پروپیلن- خاک رس، استحکام کششی، روش پاسخ سطح

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و طرح تحقیق

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- روش‌های مختلف اتصال کامپوزیتها ۲
۱-۳- جوشکاری اصطکاکی ۴
۱-۳-۱- جوشکاری چرخشی ۶
۱-۳-۲- جوشکاری ارتعاشی ۸
۱-۳-۳- جوشکاری التراسونیک ۸
۱-۳-۴- جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی ۹
۱-۴- انتخاب فرآیند جوشکاری ایده‌آل برای انجام پایان‌نامه ۱۱
۱-۵- کارهای انجام شده ۱۱
۱-۶- تعریف پایان‌نامه ۱۴

فصل دوم: جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی

۲-۱- مقدمه ۱۶
۲-۲- جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی ۱۶
۲-۳- پارامترهای فرآیندFSW ۲۰
۲-۳-۱-شکل هندسی و جنس ابزار ۲۰
۲-۳-۲- سرعت پیشروی و سرعت دورانی ۲۵
۲-۳-۳- عمق نفوذ و زاویه انحراف ۲۶
۲-۴- انواع اتصالات ۲۹
۲-۴-۱- اتصالات لب به لب ۲۹
۲-۴-۲ اتصالات لبه رویِهم ۳۰
۲-۵- مزایا و معایب ۳۳
۲-۶- کاربردها ۳۴

فصل سوم: نانوکامپوزیت‌ها

۳-۱- مقدمه ۳۸

۳-۲- معرفی نانوکامپوزیت‌ها ۳۸
۳-۳- طبقه‌بندی نانوکامپوزیت‌ها ۳۹
۳-۳-۱- نانوکامپوزیت‌های پایه پلیمری ۴۰
۳-۳-۲- نانوکامپوزیت‌های پایه سرامیکی ۴۰
۳-۳-۳- نانوکامپوزیت‌های زمینه فلزی ۴۱
۳-۴- روش‌های تولیدنانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری ۴۲
۳-۴-۱- مخلوط سازی مستقیم ۴۲
۳-۴-۲- فرآوری محلول ۴۲
۳-۴-۳- پلیمریزاسیون در جا ۴۲
۳-۵- مزایا و معایب نانوکامپوزیت‌ها ۴۳
۳-۶- نانوکامپوزیت‌های خاک رس- پلیمر ۴۴
۳-۶-۱- ویژگی ها نانوکامپوزیت های خاک رس- پلیمر ۴۵
۳-۶-۲-کاربردهای نانوکامپوزیت های خاک رس- پلیمر ۴۶
۳-۶-۳- تاریخچه نانوکامپوزیتهای خاک رس- پلیمر ۴۶
۳-۶-۴- رقابت نانوکامپوزیت های خاک رس- پلیمر با کامپوزیتهای الیافی ۴۷
۳-۶-۵- مشکلات توسعه نانوکامپوزیت های خاک رس- پلیمر ۴۹

فصل چهارم: مواد، تجهیزات و روش انجام جوشکاری

۴-۱- مقدمه ۵۱
۴-۲- انتخاب ماده زمینه ۵۱
۴-۳- انتخاب فاز تقویت کننده ۵۳
۴-۴- فرآیند ساخت ورق نانوکامپوزیت پلی پروپیلن- خاک رس ۵۳
۴-۴-۱- اکستروژن ۵۴
۴-۴-۲- تزریق ۵۵
۴-۴-۳- پرس داغ ۵۶
۴-۵- خصوصیات مواد اولیه ۵۸
۴-۶- ساخت فیکسچر ۶۰
۴-۷- طراحی و ساخت ابزار ۶۱
۴-۷-۱- جنس ابزار ۶۱
۴-۷-۲- عملیات حرارتی ۶۲
۴-۷-۳- طراحی ابزار ۶۲
۴-۸- هندسه ابزار ۶۳
۴-۹-انجام جوشکاری FSW ۶۶
۴-۱۰- آزمایش کشش ۷۰

فصل پنجم: طراحی و انجام آزمایشات

۵-۱- مقدمه ۷۳
۵-۲- تعیین محدوده‌ی پارامترهای FSW ۷۳
۵-۲-۱-درصد نانو خاک رس اضافه شده ۷۳

۵-۲-۲- سرعت دورانی ۷۴
۵-۲-۳- سرعت خطی ۷۴
۵-۲-۴- زاویه کلگی(درجه) ۷۴
۵-۳- طراحی آزمایشات ۷۵
استفاده از روش پاسخ سطح ۷۶

فصل ششم: نتایج و بحث

۶-۱- مقدمه ۸۲
۶-۲- هندسه ابزار ۸۲
۶-۲-۱- تاثیر هندسه ابزار بر شکل ظاهری جوش ۸۲
۶-۲-۲- تاثیر هندسه ابزار بر استحکام کششی جوش ۸۲
۶-۳- بررسی تاثیر سه پارامتر دیگر بر جوش ۹۲
۶-۳-۱- آنالیز واریانس استحکام کششی ۹۳
۶-۳-۲- تخمین مقدار بهینه استحکام کششی ۹۸
۶-۳-۳- اعتبار سنجی مدل ریاضی بدست آمده ۱۰۰
۶-۳-۴- تاثیر پارامترهای فرایند بر روی استحکام کششی ۱۰۰
۶-۳-۴-۱- تاثیرذرات خاک رس ۱۰۰
۶-۳-۴-۲- تاثیرسرعت دورانی ۱۰۱
۶-۳-۴-۳- تاثیرسرعت خطی ۱۰۲
۶-۳-۵- اثرات متقابلپارامترهای فرآیند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی ۱۰۳

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱- مقدمه ۱۰۵
۷-۲- نتایج ۱۰۵
۷-۳- پیشنهادات ۱۰۶

منابع و مراجع ۱۰۷

فهرست جداول

جدول ۴-۱ برخی از خصوصیات Polynar SI-080 ..... ۵۳
جدول ۴-۲ تنش حداکثر و نیروی گسیختگی پلی پروپیلن و نانوکامپوزیت ۳٪ و۶٪ ۶۰
جدول ۴-۳ مشخصات ابزار های ساخته شده ۶۵
جدول ۴-۴ مشکلات به وجود آمده در رابطه با ابزار ۶۸
جدول ۵-۱ مقادیر پارامترهای جوشکاری ۷۵
جدول ۵-۲ تعداد آزمایشات مشخص شده از نرم افزارMinitab به روش RSM ۷۷
جدول ۶-۱ نیروی گسیختگی و تنش حداکثر در نمونه‌های جوشکاری شده پلی پروپیلن خالص ۸۷
جدول ۶-۲ نیروی گسیختگی، تنش حداکثر و کرنش در نمونه‌های جوشکاری شده نانوکامپوزیت ۳٪ ۸۸
جدول ۶-۳ نیروی گسیختگی، تنش حداکثر و کرنش در نمونه‌های جوشکاری شده نانوکامپوزیت ۶٪ ۸۹
جدول ۶-۴ بهترین و بدترین ابزار به ترتیب بیشترین و کمترین استحکام ۹۰
جدول ۶-۵مقادیر تنشِ حداکثر برای ابزارِ شماره۲ ..... ۹۰
جدول ۶-۶.تغییرات استحکام کششی در خط جوش برای پلی پروپیلن‌تقویت شده با درصد های مختلف خاک رس ۹۱
جدول ۶-۷نتایج آزمایشات به روش RSM در نرم افزار Minitab ۹۳
جدول ۶-۸ آنالیز واریانس استحکام کششی ۹۴
جدول ۶-۹ضرایب و ثابت های معادله درجه دو ۹۵
جدول ۶-۱۰ پارامتر های مؤثر دارای P-valueکمتر از ۰/۰۵ ..... ۹۶
جدول ۶-۱۱ ضرایب ثابتِ مؤثر در معادله پیش بینی برای استحکام کششی جوش ۹۸
جدول ۶-۱۲ نتایج آزمایش‌های واقعی و پیش‌بینی شده برای استحکام کششی در سطوح بهینه ۹۹
جدول ۶-۱۳ اعتبار سنجی مدل استحکام کششی ۱۰۰

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ انواع روش‌های اتصال کامپوزیت‌های ترموپلاستیک ۲
شکل ۱-۲ روش‌های جوشکاری ترموپلاستیک ۳
شکل۱-۳ نمونه‌ای‌ازجوشکاری اصطکاکی ۴
شکل ۱-۴ شماتیک جوشکاری چرخشی ۶
شکل ۱-۵ شماتیک از دستگاه جوشکاریچرخشی..... ۷
شکل ۱-۶ شماتیک جوشکاری ارتعاشی..... ۸
شکل ۱-۷ شماتیکی از فرآیند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی..... ۱۰
شکل ۲-۱تصویری از فرآیند جوشکاری FSW..... ۱۷
شکل ۲-۲ تصویری از مراحل انجام فرآیند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی..... ۱۸
شکل ۲-۳ مسیر قرار گرفتن پین و حرکت در مسیر جوش ۱۹
شکل ۲-۴ ابزار هایی با پین ساده مانند دایره و مثلث..... ۲۱
شکل ۲-۵ تغییر شکل پین ابزار از حالت استوانه ی رزوه دار به استوانه ساده ی دارای تقعر..... ۲۱
شکل ۲-۶تصویر ابزاری با پین مثلثی رزوه دار..... ۲۲
شکل ۲-۷ تصویر ابزارهایی با شکل های ۱) استوانه ای با نوک محدب ۲) استوانه ای- پیچی ۳) مخروطی- پیچی ۴)مخروطی- پیچی بدون شولدر ۵)سه گوش ساده ۶) سه گوش رزوه دار..... ۲۲
شکل ۲-۸ (الف)ابزار های جدید TWIa) استوانه ای- پیچی b) تریفلوت c)وورل ۲۳
شکل ۲-۹ ابزار های جدید TWI با شولدر های جدید..... ۲۳
شکل ۲-۱۰ شیار ارشمیدسی روی شولدر..... ۲۴
شکل۲-۱۱ انواع طراحی‌های مختلف بر روی شولدر ابزارها ۲۴
شکل۲-۱۲ ابزار طراحی شده برای جوشکاری قطعات لبه روی هم..... ۲۵
شکل۲-۱۳ زاویه انحراف وعمق نفوذ ابزار..... ۲۷
شکل۲-۱۴ زاویه انحراف ابزار و نفوذ شولدر..... ۲۸
شکل ۲-۱۵ رابطه نیرو با سرعت دورانی و سرعت پیشروی..... ۲۹
شکل ۲-۱۶ اتصال لبه روی هم..... ۳۰
شکل ۲-۱۷ انواع اتصالات در جوش‌های FSW ، (a) اتصال لب به لب، (b) اتصال لبه‌ای، (c) اتصال لب به لب T شکل، (d) اتصال لبه رویهم، (e) اتصال لبه رویهم چند گانه، (f) اتصال لبه رویهم T شکل، (g) اتصال نواری ۳۱
شکل ۲-۱۸ جوشکاری دو طرفه با دو پین که به صورت همزمان انجام می گیرد..... ۳۲
شکل ۲-۱۹ نقطه جوش ایجاد شده توسط FSSW..... ۳۲
شکل ۲-۲۰ پنل‌های آلومینیومی در بدنه واگن‌ها با روش FSW..... ۳۴

شکل۲-۲۱ استفاده از روش FSW در ساخت بدنه ترن ۳۴
شکل ۲-۲۲ کاربرد جوشکاری FSW در بدنه کشتی‌ها ۳۵
شکل ۲-۲۳ خودروی مزدا RX-8 ۳۵
شکل ۲- ۲۴ استفاده از روش FSW در ساخت بدنه هواپیما ۳۶
شکل ۳-۱ مقطعیازیکنانوکامپوزیت ۳۸
شکل ۳-۲ عکس میکروسکوپی نمونه ای از نانوکامپوزیتآلومینا -سیلیکا ۴۱
شکل ۳-۳: اصول کاربردی متفاوت در ساخت نانوکامپوزیت‌ها ۴۴
شکل۳-۴ نانو کامپوزیت‌های زمینه پلیمری حاوی خاک رس لایه ای ۴۵
شکل ۳-۵ مقایسه ضریب یانگ در کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌ها ۴۸
شکل ۴-۱ دستگاه اکسترودر ۵۴
شکل ۴-۲ دستگاه تزریق مورد استفاده در این تحقیق ۵۵
شکل ۴-۳ شماتیک دستگاه تزریق ۵۶
شکل ۴-۴ دستگاه پرس داغ مورد استفاده در ساخت ورق‌های نانوکامپوزیت ۵۷
شکل ۴-۵ تصویر قالب لازم جهت پرس داغ به همراه تجهیزات اضافی ۵۷
شکل ۴-۶ نمودارهای تنش- کرنش پلی پروپیلن خالص و نانوکامپزیت ۳٪ و۶٪ ۵۹
شکل ۴-۷ مقایسه نمودارهای تنش کرنش پلی پروپیلن خالص و نانوکامپزیت ۳٪ و۶٪ ۶۳
شکل ۴-۸ فیکسچر نگهدارنده قطعه‌کار و نحوه‌ی قرار گرفتن قطعه کار و پین ۶۱
شکل ۴-۹ شماتیک ابزار FSW و روابط آن ۶۳
شکل ۴-۱۰ تصویر ابزار های ساخته شده ۱) استوانه ای ساده ۲) مخروطی پیچی ۳) مخروطی ساده ۴) استوانه ای پیچی با شیار دایره ای ۶۵
شکل ۴-۱۱ ابزارهای ساخته شده با پین‌های مختلف ۶۶
شکل ۴-۱۲تصاویر نمونه‌هایِ پلی‌پروپیلن جوش داده شده با چهار ابزار ساخته شده ۶۷
شکل ۴-۱۳ تصاویر نمونه‌هایِ جوش داده شده نانوکامپوزیت ۳٪ خاک رس با چهار ابزار ساخته شده ۶۷
شکل ۴-۱۴ تصاویر نمونه‌هایِ جوش داده شده نانوکامپوزیت ۶٪ خاک رس با چهار ابزار ساخته شده ۶۸
شکل ۴-۱۵ عیوب ایجاد شده در جوشکاریFSW ۶۹
شکل ۴-۱۶ اندازه و شکل مدل آماده شده برای آزمایش کشش ۷۱
شکل ۵-۱ شکل ظاهری جوش‌های نانوکامپوزیت‌های پلی‌پروپیلن با درصد های مختلف خاک رس حاصل از۱۵ اتصال توسط جوشکاری FSW ۷۹
شکل ۵-۲ دستگاه کشش مدل zwickroell ۸۰
شکل ۶-۱ جوش‌های بدست آمده با استفاده از چهار ابزار برای پلی پروپیلن خالص ۸۳
شکل ۶-۲ جوش‌های بدست آمده با استفاده از چهار ابزار برای نانوکامپوزیت پلی‌پروپیلن با۳٪ خاک رس ۸۳
شکل ۶-۳ جوش‌های بدست آمده با استفاده از چهار ابزار برای نانوکامپوزیت پلی‌پروپیلن با۶٪ خاک رس ۸۴
شکل ۶-۴ پودر شدن مواد در مسیر خط جوش به علت اغتشاش بالا در ابزار شماره۲ ۸۵
شکل ۶-۵ نمودارهای تنش-کرنش مربوط به چهار ابزار مختلف در(پلی پروپیلن خالص) ۸۷
شکل ۶-۶ نمودارهای تنش-کرنش مربوط به چهار ابزار مختلف در (نانو کامپوزیت ۳٪) ۸۸
شکل ۶-۷ نمودارهای تنش-کرنش مربوط به چهار ابزار مختلف در (نانو کامپوزیت ۶٪) ۸۹
شکل ۶-۸ تاثیر هر یک از پارامترها بر استحکام کششی جوش ۹۷
شکل ۶-۹ منحنی توزیع نرمال برای استحکام جوش ۹۸
شکل ۶-۱۰ تاثیر درصد خاک رس بر استحکام کششی جوش ۱۰۱
شکل ۶-۱۱ تاثیر سرعت دورانی بر استحکام کششی جوش ۱۰۲
شکل ۶-۱۲ تاثیر سرعت خطی بر استحکام کششی جوش ۱۰۳

فصل اول

مقدمه و طرح تحقیق

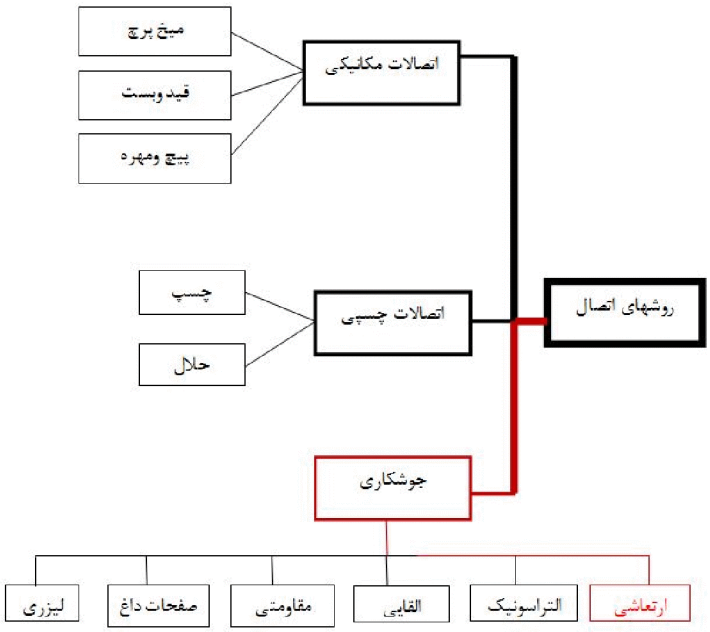
۱-۱ مقدمه

ابتدا در این فصل به روش‌های مختلف جوشکاری کامپوزیت‌ها پرداخته می‌شود.

۱-۲-روشهای مختلف اتصالات کامپوزیت‌ها

به منظور اتصال قطعات پلاستیکی به قطعات دیگر که یا بسیار بزرگند یا بسیار پیچیده، از چسب‌ها، بست مکانیکی و انواع روش‌های جوشکاری استفاده می‌شود. در تمام این موارد هدف، تشکیل یک قطعه مونتاژ شده‌ی یکپارچه است. سامانه‌های چسب کاری، چند کاره هستند و در مواقعی که نیازمند اتصالات محکم و بادوام هستیم، نتایجی پایدار و قابل پیش بینی به بار می‌آورند. در جوشکاری، سطوح مورد اتصال در محل تماس ذوب می‌شوند تا پیوندهای مولکولی قوی تشکیل گردند. جوشکاری پلاستیک در صنعت پلاستیک و به منظور درزگیری بسته‌بندی‌ها بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر دو روش استفاده از چسب و جوشکاری پلاستیک در صنعت خودرو به صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند.

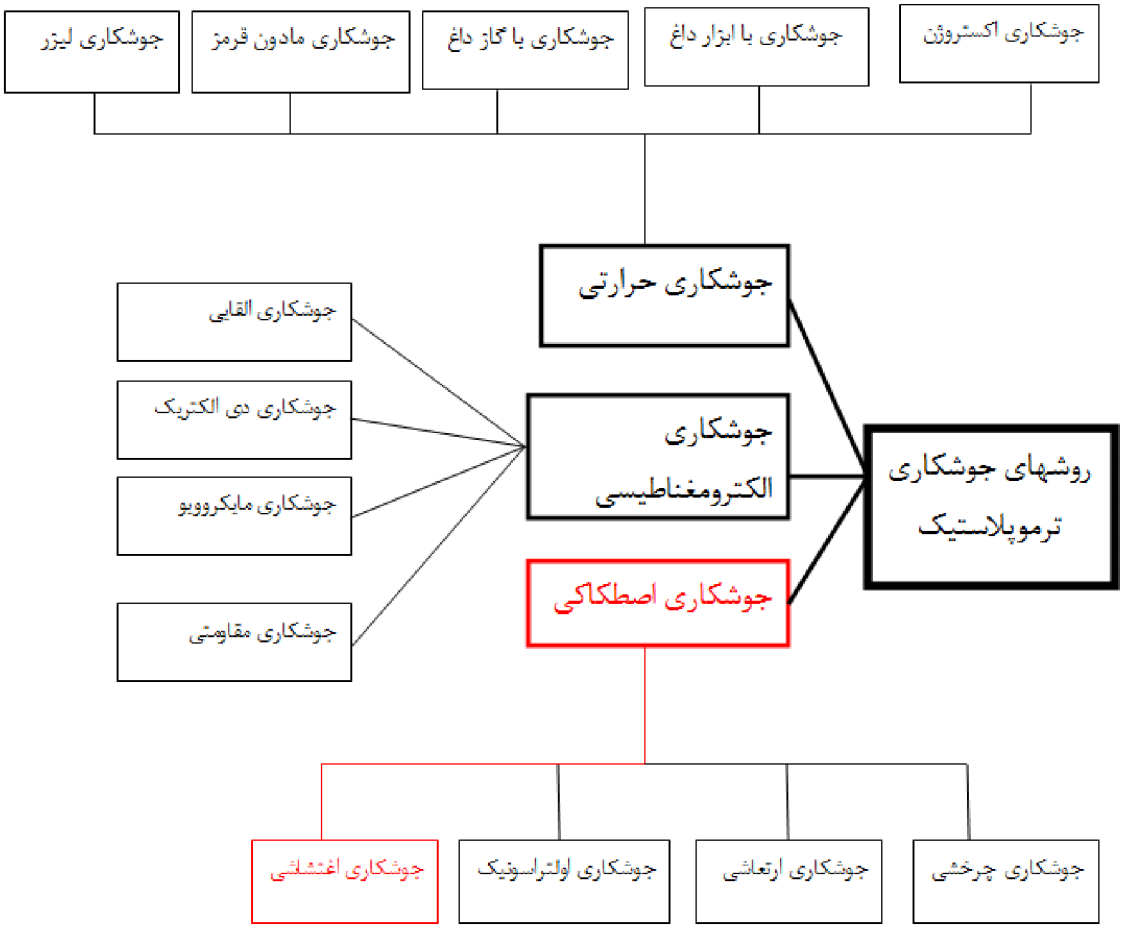
انواع مختلف روشهای اتصال قطعات کامپوزیتهای ترموپلاست در شکل ۱- ۱ آورده شده است[۱]



شکل۱-۱ انواع روشهای اتصال کامپوزیت‌های ترموپلاست[۱]

روش جوشکاری از پتانسیل بالایی برای اتصال، مونتاژ و تعمیر کامپوزیت‌های ترموپلاستیک برخوردار است و مزیت‌های زیادی نسبت به سایر روشهای اتصال دارا می‌باشد. این روش می‌تواند تا حد زیادی مشکلات ناشی از روشهای مکانیکی و چسبی را برطرف کند[۱].

روش‌های جوشکاری کامپوزیت‌ها به جوشکاری حرارتی[۱]، اصطکاکی[۲] و الکترومغناطیسی[۳] دسته-بندی می‌گردد. در شکل ۱-۲ زیر گروه‌های هر یک از روشهای نام برده شده مشاهده می‌گردد



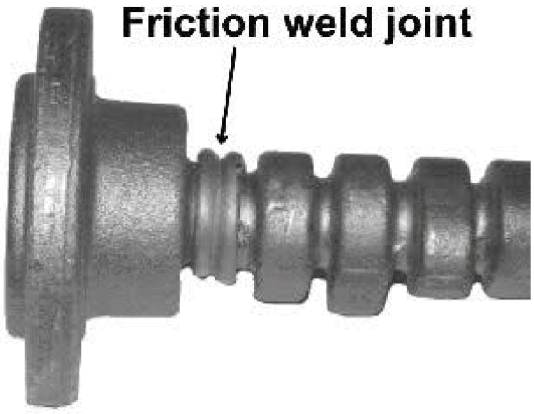
شکل ۱-۲ روش‌های جوشکاری کامپوزیت‌ها[۱]

با توجه به اینکه قرار است در این پایان نامه از روش جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی برای رسیدن به هدف استفاده شود، لذا در اینجا فقط توضیح این روش ارائه می‌شود.

[1] -Thermal
[2] -Friction
[3] -Electromagnetic

۱-۳- جوشکاری اصطکاکی

به طور کلی جوشکاری اصطکاکی بر اساس تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی گرمایی استوار است که دو قسمت مورد اتصال را به هم نزدیک کرده و با ایجاد حرکت دورانی سریع یکی از آنها بر روی دیگری و مالش و اصطکاک دو قطعه، گرمای زیادی تولید شده و موجب حالت پلاستیسیته در لبه‌های اتصال می شود و با فشار اعمال شده نهایی قطعات در هم فرو می روند و اتصال ایجاد می‌شود[۱]. نمونه‌ای از این جوشکاری در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳ نمونه‌ای از جوشکاری اصطکاکی[۲]

مکانیزم اتصال :

می دانیم که سطوح در مقیاس میکروسکوپی دارای برآمدگی ها و فرورفتگی هایی هستند و علاوه بر آن لایه اکسیدی نازک و یا ناخالصی های دیگر بر روی سطح پوشیده شده است . هرگاه سطوح به طور کامل در کنار هم قرار نگیرند نیروی چسبندگی بین مولکولی بین آنها برقرار نشده و در نتیجه اتصال انجام نمی گیرد هدف اصلی در جوشکاری اصطکاکی برطرف نمودن این ناهمواری ها و ناخالصی ها و اعمال فشار برای اتصال دو سطح است[۲].

هنگامی که دو سطح با فشار معین بر روی هم مالیده می شوند نقاط بلند به هم برخورد کرده و از بین می روند، همزمان لایه اکسیدی برداشته شده و دو سطح فلز در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند و بدین ترتیب یک باند یا چسبندگی موقت[1] به وجود می آید با ادامه حرکت ، این چسبندگی بریده شده و یک باند تازه تر به وجود می آید بدین ترتیب انرژی مکانیکی به حرارتی تبدیل شده و به تدریج درجه حرارت سطح افزایش می یابد. بنابراین استحکام فشاری کاهش یافته و تغییر فرم پذیری راحت تر انجام می گیرد، نقاط برآمده به سرعت محو شده و سطوح در حالت چسبندگی کامل قرار می گیرند با فرض این که نرخ حرارت تولیدی بیشتر از حرارت فروکشی باشد درجه حرارت بالاتر رفته و

[1] Temporary Bonding

حالت پلاستیکی نیز بیشتر می شود تا جایی که استحکام فشاری قادر به تحمل نیروی فشاری نیست و سطح زیر فشار گسترده تر شده و لبه ها در هم فرو می روند و حتی کمی به بیرون بر می گردند[۳].

در جوشکاری اصطکاکی از حرارت تولید شده توسط اصطکاک بین دو قطعه برای جوش دادن آن دو به یکدیگر استفاده می‌شود. بطور سنتی در جوشکاری اصطکاکی یک قطعه را در طی یک سطح مشترک بر روی قطعه دیگری همراه با اعمال نیروی فشاری آنقدر حرکت می‌دهند تا حرارت تولید شده بر اثر اصطکاک در فصل مشترک قطعه، باعث نرم شدن ماده دو قطعه در مجاورت فصل مشترک شود. در این زمان بخشی از ماده موجود در سطح مشترک دو قطعه که خاصیت مومسان (پلاستیکی) پیدا کرده به فضای بیرون فصل مشترک رانده می شود. سپس حرکت نسبی دو قطعه متوقف شده و یک نیروی فشاری بزرگتر اعمال می شود و همزمان دو قطعه شروع به سرد شدن می‌کنند. این عمل باعث جوش خوردن دو قطعه به یکدیگر می‌شود. کلید اصلی عملیات جوشکاری اصطکاکی این است که از آنجایی که ماده مذابی تولید نمی شود، جوشکاری در فاز جامد فلزات صورت گرفته است[۴].

مزایای جوشکاری اصطکاکی

این فرایند دارای مزایای متعددی است:

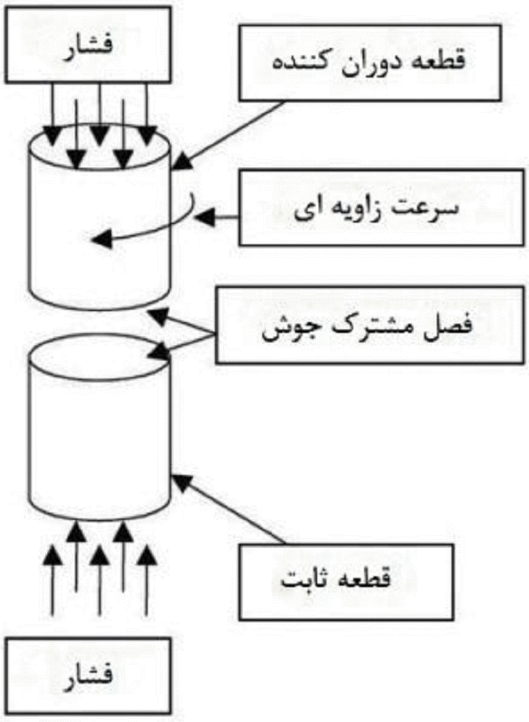
- گرمای اصطکاکی فقط در محل جوش خوردن قطعات تولید می‌شود. بنابراین مجموعه تحت جوشکاری بطور گسترده نرم نمی‌شود.
- جوش در تمامی سطح مقطع اتصال دو قطعه در یک زمان صورت می‌پذیرد.
- از این تکنیک برای جوش دادن فلزات ناهم جنس می‌توان استفاده کرد.
- فرایند در چند ثانیه با قابلیت بالای تولید مجدد صورت می‌پذیرد. بنابراین برای تولید انبوه بسیار مناسب است.[۳و۴]

این روش جوشکاری خود شامل چهار قسمت است که عبارتند از: جوشکاری چرخشی (دورانی)[۱]، جوشکاری ارتعاشی[۲]، جوشکاری التراسونیک[۳] و جوشکاری اغتشاشی[۴]، که هر کدام از آن ها را مختصر توضیح می دهیم.

[1] Spin welding
[2] Vibration welding
[3] Ultrasonic welding
[4] Stir welding

۱-۳-۱- جوشکاری چرخشی

جوشکاری اصطکاکی چرخشی که در طی آن یک قطعه در برابر پیشانی قطعه دیگر دوران می‌کند، یکی از متداول‌ترین انواع این فرایند است. در شکل ۱-۴ تصویری شماتیک از این نوع جوشکاری نشان داده شده است.



شکل ۱-۴ شماتیک جوشکاری چرخشی[۲]

در این فرآیند یک قطعه به فک گرداننده متصل شده و قطعه دیگر به فک ثابت و هر دو قطعه مقابل هم قرار میگیرند. قطعه گردنده با سرعت ثابت چرخانده میشود و در همین حین دو قطعه توسط یک نیروی ثابت به سمت یکدیگر فشرده می شوند. در اثر تماس بین سطوح اصطکاک ایجاد شده و تولید حرارت می کند. این شرایط برای مدتی ادامه می یابد. پس از آنکه دما به حد مناسب رسیده و سطوح هر دو قطعه به حالت خمیری رسیدند. قطعه گردنده متوقف شده و نیروی اعمالی بر قطعات برای مدتی ثابت نگاه داشته شده و یا مقداری افزایش می یابد تا جوش کامل شود.

مرحله اول: سطوح در اثر حرکت نسبی روی یکدیگر گرم میشوند و همزمان نیرویی آنها را به هم می فشارد.

مرحله دوم: بعد از گرم شدن قطعه گردنده متوقف شده و نیروی اتصال اعمال می گردد.

در شکل۱-۵ تصویری ساده از دستگاه جوشکاری دورانی نشان داده شده است.