دانشکده فنی مهندسی مکانیک

گروه مهندسی مکانیک

پایاننامه

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک – طراحی کاربردی

عنوان

تحلیل مکانیک شکست در اتصالات چسبی مواد مرکب با آلومینیم

استاد راهنما

دکتر محمدرضا خوشروان آذر

استاد مشاور

دکتر محمد علی حامد

پژوهشگر

فرهاد عسگری مهرآبادی

شهریور ۹۰

نام خانوادگی دانشجو : عسگری مهرآبادی **نام:** فرهاد

عنوان پایاننامه : تحلیل مکانیک شکست در اتصالات چسبی مواد مرکب با آلومینیم

استاد راهنما : آقای دکتر محمدرضا خوشروان آذر

استاد مشاور: آقای دکتر محمدعلی حامد

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: مهندسی مکانیک **گرایش:** طراحی کاربردی **دانشگاه:** تبریز

دانشکده : فنی و مهندسی مکانیک **تاریخ فارق التحصیلی**: شهریور ۱۳۹۰ **تعداد صفحات: ۱۵۶**

کلید واژه ها: اتصالات چسبی- شکست- مواد مرکب- نرخ رهایی انرژی کرنشی- طول ترک- تحلیل اجزا محدود

چکیده:

در این پایاننامه شکست در اتصالات چسبی تحت بارگذاری در مود I (بازشدگی) و مود II (برشی) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته شده است. بدین منظور برای بررسی شکست در مود I از نمونه DCB استفاده شده است، طوری که این نمونه از اتصال دو بازوی کامپوزیتی و آلومینیمی ساخته شده است. جنس بازوی کامپوزیتی از فیبر کربن با رزین اپوکسی می باشد. برای تحلیل رفتار رشد ترک در مود II نیز از نمونه ENF استفاده شده است که در این حالت جنس نمونه ها همانند نمونه DCB می باشد. برای انجام آزمایش روی نمونه های ENF، از تست خمش سه نقطه ای بهره گرفته شده که جهت انجام این آزمایش یک فیکسچر طراحی و ساخته شده است. جهت اتصال این دو ماده کامپوزیتی و آلومینیمی نیز از چسب اپوکسی استفاده شده است که این چسب ها از پرکاربردترین چسب ها در صنایع مختلف از جمله هوا فضا می باشد. سپس با استفاده از روشهای رایج در مکانیک شکست، نرخ رهایی انرژی کرنشی در مود بازشدگی و مود برشی بدست آمده است. با استفاده از مقادیر انرژی شکست، منحنی R یا منحنی مقاومت در برابر رشد ترک برای نمونه های مذکور محاسبه شده است. سپس با استفاده از حل عددی مقادیر انرژی شکست و نیز نرخ تغییرات انرژی شکست در پهنای نمونه ها محاسبه و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده اند. در حل اجزا محدود از دو روش VCCT و روش انتگرال J استفاده شده است.

فهرست

فصل اول: مقدمه و بررسی منابع

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- حالتهای مختلف گسیختگی در چسبها ۴

۱-۳- دسته بندی کلی چسبها ۵

۱-۲- مواد کامپوزیتی ۷

۱-۲-۱- تعریف ۷

۱-۲-۲- دسته بندی مواد مرکب ۸

۱-۳- بیشینه پژوهش ۱۱

۱-۳-۱- شکست در مود I ۱۱

۱-۳-۲- شکست در مود II ۲۷

۱-۳-۳- شکست در مود مرکب,(I + II) ۳۴

۱-۳-۴- خستگی در اتصالات چسبی ۴۷

۱-۵- چکیده ۵۴

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱- مقدمه ای بر مکانیک شکست ۵۵

۲-۲- طراحی بر مبنای مکانیک شکست ۵۷

۲-۳- حالتهای مختلف شکست در اجسام ۵۸

۲-۴- تحلیل مکانیک شکست ۵۹
۲-۴-۱- روش انرژی ۵۹
۲-۴-۲-روش فاکتور شدت تنش ۶۰
۲-۵- اثر خواص مواد روی شکست ۶۲
۲-۶- ناپایداری و منحنی R ۶۳
۲-۶-۱- دلایل شکل منحنی R در مواد گوناگون ۶۵
۲-۷- بار کنترل در برابر جابجایی کنترل ۶۶
۲-۸- روشهای محاسبه انرژی شکست در مود ۶۷
۲-۹- معیارهای تشخیص شروع رشد ترک ۷۱
۲-۱۰- روش محاسبه نرخ رهایی انرژی کرنشی در مود **II** ۷۳
۲-۱۱- انتگرال J ۷۴
۲-۱۲- روش بستن ترک مجازی (VCCT) ۷۹
۲-۱۳- ساخت و آماده سازی نمونه ها ۹۷
۲-۱۴- تست نمونه ها ۱۰۲
۲-۱۵- روش اجزاء محدود ۱۰۶
۲-۱۶- چکیده ۱۱۶

فصل سوم: بحث و نتیجه گیری

۳-۱- مود ۱۱۷

۳-۱-۱- نمودار بار – جابجایی $(P-\delta)$ ۱۱۷
۳-۱-۲- نمودار مقاومت $(R-curve)$ ۱۲۰
۳-۱-۳- نتایج حل عددی ۱۲۱
۳-۱-۴- تغییرات نرخ رهایی انرژی در جبهه ترک یا پهنای نمونه DCB ۱۲۳
۳-۱-۵- تغییرات تنشهای نرمال و تنش برشی (در مدل سه بعدی) در پهنای لایه چسب ۱۲۸
۳-۱-۶- مقایسه نتایج با پژوهش های انجام شده ۱۳۰
۳-۱-۷- نمودار R با استفاده از نتایج عددی ۱۳۱
۳-۱-۸- مقایسه نمودار R با پیشینه پژوهش ۱۳۵
۳-۲- مود□□ ۱۳۷
۳-۲-۱- نمودار بار – جابجایی $(P-\delta)$ ۱۳۷
۳-۲-۲- نمودار R ۱۳۸
۳-۲-۳- نتایج حل عددی ۱۳۹
۳-۲-۴- تغییرات تنشهای نرمال و تنش برشی (در مدل سه بعدی) در پهنای لایه چسب..... ۱۴۰
۳-۲-۵- تغییرات نرخ رهایی انرژی در جبهه ترک یا پهنای نمونه ENF ۱۴۳
۳-۲-۶- مقایسه نتایج با پژوهش های انجام شده ۱۴۷
۳-۲-۷- نمودار R در مد□□ ۱۴۹
۳-۲-۸- مقایسه نمودار R با پیشینه پژوهش ۱۵۲
۳-۳- نتیجه گیری و بحث ۱۵۴
۳-۴- پیشنهادات ۱۵۶

فهرست علایم

نیروی برشی	V	بار اعمالی	P
جابجایی نقطه اعمال بار	δ	پهنای نمونه	b
طول ترک اولیه	a_0	سستی نمونه	C
مدول خمشی اصلاح شده	E_f	طول ترک	a
طول نمونه	L	نرخ رهایی انرژی کرنشی	G
طول ترک مؤثر	a_e	نرخ رهایی انرژی کرنشی در مود اول	G_I
انرژی شکست آستانه	G_{th}	نرخ رهایی انرژی کرنشی در مود دوم	G_{II}
انرژی شکست بحرانی	P_C	نیروی بحرانی	P_C
سستی اولیه نمونه	C_0	مدول الاستیسیته	E
سستی اولیه اصلاح شده	C_{0corr}	ضخامت نمونه	h
پهنای نمونه	B	ضریب اصلاحی	Δ
نسبت ضخامت	η	فاکتور شدت تنش	K
استحکام نهایی چسب در مود اول	σ_I^c	ممان خمشی	M_f
استحکام نهایی چسب در مود دوم	σ_{II}^c	تنش برشی	τ
کار انجام شده توسط نیروهای خارجی	W_f	انرژی کرنشی	U
مقاومت در برابر رشد ترک	R	مدول برشی	G_{13}
		ممان دوم سطح	I

سختی خمشی موثر سطح مقطع قسمت بهم چسبیده تیر	$(EI)_{eff}$
انتگرال J	J
کنتور بسته انتگرالگیری	Γ
بردار کششی عمود بر کانتور	T
بردار واحد عمود بر کانتور	n
مولفه بردار جابجایی در جهت x	u
المان طولی از کنتور Γ	ds
انرژی پتانسیل	V
نیروی نوک ترک در جهت x	X_i
نیروی نوک ترک در جهت y	Z_i
جابجایی نود L در راستای x	w_L
جابجایی نود L در راستای x	u_L
ضریب پواسون	ν

فصل

اول

۱-۱- مقدمه

چسب ماده ای است که روی سطوح اشیا برای اتصال دائمی آنها به کار گرفته می شود.چسب ماده ای است که توانایی دارد به شکل دو مقطع اشیا به هم چسبیده در آید. یکی از خواص مهم چسب وزن پایین آن نسبت به اشیا به هم چسبیده است. تعریف چسب کار خیلی ساده ای نیست و تعریف عامه پسندی از چسبکاری نمیتوان ارائه داد. اما Wu چسب را به صورت زیر تعریف کرده است[۱]:

چسبکاری به حالتی گفته می شود که که دو جسم غیر مشابه به وسیله تماس سطوح مشترک طوری به یکدیگر نگه داشته شوند که نیرو یا کار می تواند از امتداد سطح مشترک چسبیده شده منتقل شود.

نیروهای بین سطوح که دو سطح را بهم چسبانده نگه داشته اند ممکن است از نیروهای واندروالس ، اتصال شیمیایی یا جاذبه الکتروستاتیکی ناشی شوند. مقاومت مکانیکی سیستم نه تنها به وسیله نیروهای بین سطوح بلکه به وسیله خواص مکانیکی ناحیه بین دو سطح و حالت فاز توده بین دو سطح تعیین می شود.

دو حالت اصلی برای اتصال چسبی وجود دارد: سازه ای و غیر سازه ای. اتصال چسبی سازه ای اتصالی است برای اینکه اجسام متصل شده تا نقطه تسلیم، تحت تنشهای زیاد قرار گیرند. اتصال چسبی سازه ای باید توانایی انتقال تنشها بدون از دست دادن یکپارچگی را با همه محدودیتهای طراحی را داشته باشد. اتصالات همچنین باید در تمام طول دوره سرویس یک قسمت پایداری خود را حفظ کنند.

یک اتصال سازه ای اینگونه تعریف شده است که باید تنش برشی بزرگتر از ۷mPa بعلاوه اینکه مقاومت مشخصی در برابر کهنگی (در طول زمان) را داشته باشد. چسبهای غیر سازه ای نیازی به تحمل بارهای اساسی را ندارند، اما صرفاً وزن مواد را در محل اتصال حفظ می کنند. این نوع از چسبها معمولاً چسب نگهدارنده نامیده می شوند. چسبهای بسته ای و نواری حساس به فشار نمونه ای از چسبهای غیرسازه ای هستند.

اولین نقش چسب اتصال اجسام به یکدیگر میباشد. چسبها این هدف را با انتقال تنشها از یک عضو به عضو دیگر انجام می دهند، طوری که تنشهارا خیلی یکنواختتر از اتصالات مکانیکی پخش می کنند. اتصالت چسبی معمولاً سازه هایی که به صورت مکانیکی با آنها معادلند یا حتی قویتر از آنها هستند را، با قیمت و وزن پایین تری متصل می‌کنند. در اتصالات مکانیکی مقاومت سازه ها محدود به مساحت محدود به اتصال می شود. اینکه اتصال چسبی از لحاظ مقاومت، نسبت به اجسام متصل شده قوی تر باشد ، غیر معمول نیست.

سطوح صاف یکی از خواص ذاتی و فواید سازه های چسبی می باشد. به عنوان مثال، در سازه های هوایی مثل تیغه های روتور هلی کوپتر برای کم کردن نیروی درگ[1] و پایین نگه داشتن دما، نیاز به داشتن سطوحی صاف می باشد. وزن کمتر مواد در اتصالات می تواند استفاده حداکثر از سختی سازه را ایجاد کند. اتصالات چسبی نواحی بزرگتری را برای انتقال تنش در اجسام ایجاد میکنند. بنابراین تمرکز تنش در نواحی کوچکتر کاهش می‌یابد. مواد غیرمشابه شامل انواع پلاستیکها خیلی سریع با چسب به هم متصل می شوند.همچنین چسبها برای اتصال فلزات، پلاستیکها، سرامیکها، چوب پنبه، لاستیک و ترکیبی از مواد به کار برده می شوند. چسبها همچنین می توانند بعنوان رسانای الکتریکی مورد استفاده قرار گیرند.

در جاهایی که یک قسمت از سازه با تغییرات دما مواجه باشد که شامل مواد غیر مشابه نیز هست، چسبهای انعطاف پذیر قادرند که تفاوت در ضرایب انبساط حرارتی اتصالات را مطابقت دهند و بنابراین از آسیب های احتمالی در سیستم های اتصالی خیلی سفت جلوگیری کنند.

درزگیری یا آببندی کردن یکی از کاربردهای مهم اتصالات چسبی میباشد. مایعات یا گازها در برخورد با درزگیرهای یکپارچه چسبی سیستم را دچار اشکال نمی کنند. چسبها یا درزگیرها معمولاً در محلهای واشرهای لانه ای یا جامد قرار می گیرند. میرایی مکانیکی نیز یکی از دلایلی است که استفاده از چسبها را در سالیان اخیر افزایش داده است. مقاومت در برابر خستگی ، می تواند به وسیله توانایی این نوع از چسب ها با مقاومت در برابر کرنشهای سیکلی و بارهای ضربه ای بدون ترک خوردگی در اتصالات بهتر شوند.

در یک طراحی اتصال چسبی خوب، مواد به هم چسبیده زودتر از چسب دچار شکست خستگی و گسیختگی خستگی می شوند. اجزای نازک و حساس هم می‌تواند با چسب به هم متصل شوند. اتصالات چسبی معمولاً بارهای خیلی سنگین نسبت به سایر اتصالات نظیر: پرچها گرمایش ناحیه ای مثل جوشها و غیره به سیستم تحمیل نمی کنند و اتصالات معمولاً از شکستگی و اعوجاج ناشی از افزایش دما تقریباً آزاد هستند.

فواید و مضرات استفاده از چسب در اتصالات:

فواید:

۱-توزیع تنش یکنواخت و ناحیه تنش لهیدگی بزرگتر

۲-اتصال اجسام نازک یا ضخیم در هر شکل

[1] Drag

۳- اتصال مواد مشابه و غیر مشابه

۴- کاهش یا جلوگیری از خوردگی الکتروشیمیایی بین دو ماده غیر مشابه

۵- مقاومت در برابر خستگی و بارهای دینامیکی (سیکلی)

۶- درزبندی اتصالات در برابر تغییرات محیطی

۷- عایق بندی در برابر انتقال گرما و هدایت الکتریکی(در برخی موارد چسبهایی برای هدایت الکتریکی طراحی می شوند)

۸- ایجاد اتصال با شکل ها و فرمهای صاف

۹- میراکنندگی ارتعاشات و جذب بارهای ناگهانی

۱۰- ایجاد دامنه وسیعی از نسبت استحکام به وزن

۱۱- ایجاد سریعتر و ارزانتر یک اتصال نسبت به اتصال مکانیکی

۱۲- نیاز به گرمای کم برای ایجاد اتصال

مضرات:

۱- اتصال چسبی اجازه بازرسی چشمی را از ناحیه اتصال نمیدهد.
۲- معمولاً برای بعضی مواد خورنده شیمیایی آماده سازی سطح باید با دقت انجام شود تا اتصال پایدار صورت گیرد.
۳- بعضی مواقع در جاهایی که دمای زیادی به کاربرده نمی شود، زمان زیادی برای اتصال کامل نیاز است.
۴- نگهدارنده ها؛ پرس، کوره[۲] و اتکلاو[۳] که در برخی اتصالات نیاز است، لازم می باشد.
۵- حداکثر دمای کارکرد ۱۷۷°C در اکثر اتصالات چسبی می باشد. اما بعضی از چسبهای خاص تا دمای ۳۷۱°C قابلیت کارکرد دارند.
۶- برای اکثر چسبها نیاز به تمیزکاری سطوح وجود دارد.
۷- عمر مفید چسبها به محیط کارکرد آنها بستگی دارد.

[2] Oven
[3] autoclave

۸- چسبهای طبیعی و یا با پایه گیاهی معمولاً در معرض حمله باکتری ها و جانورانی مثل موش هستند.

۹- پرتودهی بعضی حلال ها در تمیزکاری ممکن است مشکلاتی را در سلامتی افراد حاضر ایجاد کنند.

نیازهای یک اتصال خوب:

۱-انتخاب درست چسب

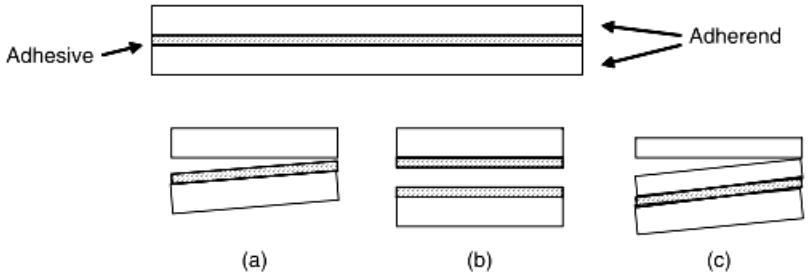
۲- طراحی یک اتصال خوب

۳- نظافت سطوح از چربی، غبار و غیره.

۴- فرایند چسبکاری درست از لحاظ ترکیب مواد، حرارت و غیره.

۵- اسپری کردن چسب برای ازبین رفتن حباب و فضاهای خالی روی سطوح

۱-۲- حالتهای مختلف گسیختگی در چسبها:



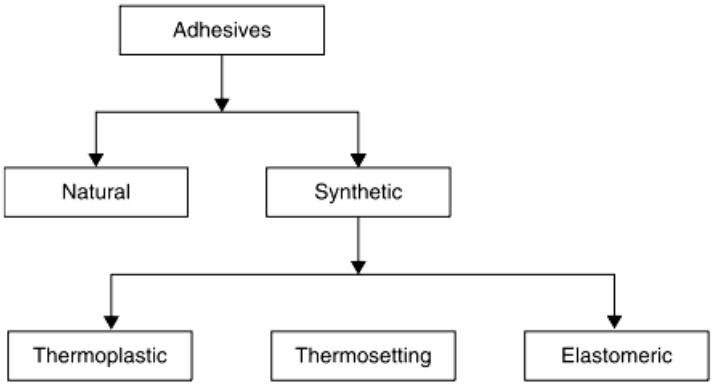
شکل ۱-۱- انواع گسیختگی در چسب.(a) گسیختگی اتصال. (b) گسیختگی چسب

(c) گسیختگی مواد متصل شده [۱]

اگر گسیختگی در بین لایه چسب و یک سطح اتصال رخ دهد، گسیختگی اتصال[۴] نامیده می شود (شکل۱-۱- a). اگر گسیختگی در لایه وسط چسب طوری که دو سطح هنوز دارای چسب هستند، گسیختگی چسب[۵] نامیده میشود (شکل۱-۱- b). در برخی موارد اگر اتصال چسبی آنقدر قوی باشد که گسیختگی در یکی از سطوح بهم چسبیده رخ دهد، گسیختگی چسبی در مواد[۶] نامیده می شود(شکل ۱-۱- c).

[4] Adhesive failure
[5] Cohesive failure
[6] Adherent failure

۱-۳- دسته بندی کلی چسبها:



شکل ۱- ۲- دسته بندی چسب ها [۱]

چسبهای ترموپلاستیک[۷]

این چسبها از نظر پیوندهای شیمیایی پیوندهای عرضی ندارند و معمولاً از یک جزء تشکیل شده اند و قابلیت کارکرد در دماهای بالا را ندارند. و پیشنهاد شده حداکثر تا دمای ۶۶°C کار کنند. چسب چوبها از این نوع مواد هستند.

چسبهای ترموست[۸]

چسبهایی هستند که بعد از سفت شدن اولیه دیگر قابلیت ذوب شدن ندارند و بعضی از آنها برای انجام واکنش شیمیایی نیاز به حرارت دارند و بعضی در دمای اتاق کار می کنند. برخی از این چسبها نیز نیاز به فشار دارند تا عمل کنند. این چسبها معمولا دوجزئی هستند که یک جزء نیاز به گرما و جزء دیگر نیاز به گرما ندارد. این چسبها قابلیت کارکرد تا دمای ۲۶۰-۹۳°C را دارند و استحکام بالایی دارند. چسبهای اپوکسی از این نوع چسبها هستند و معمولا در جایی که نیاز به استحکام بالای مکانیکی هست از این چسبها استفاده می شود.

چسبهای الاستومریک[۹]

[7] thermoplastic
[8] thermoset

این چسبها بر پایه پلیمرها هستند و خواص بسیار خوبی از لحاظ چقرمگی و طویل شدگی دارند و بیشتر این چسبها در نوع لایه نازک[10] مورد استفاده قرار می گیرد و قابلیت کارکرد در دمای ۶۶ °C -۲۰۴ را دارا می باشند اما استحکام اتصال معمولاً پایین می باشند ولی انعطاف پذیری خوبی دارند. از این چسب ها در جاهایی استفاده میشود که در معرض تنشهای زیادی قرار ندارند.

چسبهای اپوکسی[11]

چسبهای اپوکسی بیشترین کاربرد را در بین چسبهای ترموست دارند و از سیستم رزین/هاردنر[12] (دوجزیی) تشکیل شده اند و در دمای اتاق سخت می شوند. طوری که برای رسیدن به حداکثر قابیت کارکرد، یکی از اجزا نیاز به دمای بالایی برای سفت شدن دارد (حدود ۱۲۱ تا ۱۷۷ °C). یکی از خواص مهم چسبهای اپوکسی این است که در حین عمل سفت شدن هیچگونه انقباضی ندارند. اپوکسی در رنج دمایی زیادی حدود ۱۵۷-۲۰۴ °C قابلیت کارکرد دارند. چسبهای اپوکسی همچنین مقاومت شیمیایی خوبی دارند و توانایی تحمل افزایش دما را دارند.

اپوکسی ها برای متریالهای از قبیل فولاد، آلومینیوم، برنج، مس و سایر فلزات اتصال دهنده مناسبی است. به همین دلیل چسب های اپوکسی در کاربردهای مهندسی جایگاه خوبی دارند.

در این تحقیق نیز برای اتصال مواد مورد استفاده از چسب اپوکسی استفاده شده است. در ادامه به توضیح مختصری از مواد کامپوزیتی و کاربرد این مواد در صنایع مختلف می پردازیم.

---

[9] elastomeric
[10] film
[11] epoxy
[12] Resin/hardener

۱-۲- مواد کامپوزیتی

۱-۲-۱- تعریف

بطور کلی به ترکیب دو یا چند ماده که به صورت شیمیایی ،مجزا و غیر محلول در یکدیگر باشند، کامپوزیت گفته میشود . بعبارت دیگر کامپوزیت به موادی اطلاق میشود که آمیزه ای از مواد با ترکیب متفاوت بوده طوری که اجزای تشکیل دهنده ی آن هویت خود را حفظ مینمایند. [۲]

- قدیمی ترین مثال از کامپوزیت ها مربوط به افزودن کاه به گل جهت تقویت گل و ساخت آجری مقاوم جهت استفاده در بناها بوده است . قدمت این کار به ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح باز می گردد . در این مورد کاه نقش تقویت کننده و گل نقش زمینه یا ماتریس را دارد .
- مثال دیگر تقویت بتن توسط میله های فولادی می باشد، که قدمت آن به سال ۱۸۰۰ میلادی باز می گردد .
- نمونه ی دیگر قایق‌هایی است که سرخ‌پوست‌ها با قیر و بامبو می‌ساختند و تنورهایی که از گل ، پودر شیشه و پشم بز ساخته می‌شدند و در نواحی مختلف کشورمان یافت شده است.

تاریخچه مواد پلیمری تقویت شده با الیاف به سالهای ۱۹۴۰ در صنایع دفاعی و به خصوص کاربردهای هوا - فضا بر می گردند برای مثال در سال ۱۹۴۵ بیش از ۷ میلیون پوند الیاف شیشه به طور خاص برای صنایع نظامی ، مورد استفاده قرار گرفته است . در ادامه با توجه به مزایای آنها ، به صنایع عمومی نیز راه یافتند .

تعریف:

- در مهندسی مواد این اصطلاح معمولاً به موادی گفته می‌شود که از یک فاز زمینه (ماتریکس[۱۳]) و یک تقویت کننده (پرکننده) تشکیل شده باشند.

- تعریف انجمن متالوژی آمریکا: به ترکیب ماکروسکوپی دو یا چند مادهٔ مجزا که سطح مشترک مشخصی بین آنها وجود داشته باشد، **کامپوزیت** گفته می‌شود.

کامپوزیت از دو قسمت اصلی ماتریکس و تقویت کننده تشکیل شده‌است. ماتریکس با احاطه کردن تقویت کننده آن را در محل نسبی خودش نگه می‌دارد. تقویت کننده موجب بهبود خواص مکانیکی ساختار میگردد. به طور کلی تقویت کننده میتواند به صورت الیافهای کوتاه و یا بلند و پیوسته باشد.

[13] Matrix

در یک کامپوزیت به طور کلی الیاف، عضو بار پذیر اصلی سازه هستند در حالیکه ماتریکس آنها را در محل و آرایش مطلوب نگاه داشته وبعنوان یک محیط منتقل کننده بار بین الیاف عمل میکند،به علاوه آنها را از صدمات محیطی دراثربالا رفتن دما و رطوبت حفظ می کند.

مزایایی از قبیل سبکی قطعات کامپوزیتی درعین بالا بودن نسبت مقاومت به وزن آنها (حتی تا ۱۵برابر برخی از فولادها)، خواص مکانیکی بالای آنها، مقاومت در برابر خوردگی، سهولت تولید و کاهش آلودگی محیط زیست دراثراستفاده از قطعات کامپوزیتی سبب استفاده روزافزون ازاین قطعات در بسیاری از صنایع گردیده است. مطالعات و تحقیقات زیادی در مورد استفاده از این مواد به جای قطعات فلزی خودرو و بهبود خواص آنها در دست انجام است.

حوزه های کاربرد کامپوزیت:

- ۱- صنایع حمل و نقل شامل حمل و نقل هوایی ، جاده ای و دریایی
- ۲- صنایع نظامی و هوا – فضا
- ۳- صنایع انرژی در هر یک از حوزه های تولید و انتقال برق و صنعت نفت ، گاز و پتروشیمی
- ۴- صنعت ساخت و ساز شامل صنایع زیر بنایی و صنعت ساختمان
- ۵- صنایع مبلمان شهری
- ۶- وسایل خانگی
- ۷- لوازم ورزشی
- ۸-پزشکی

۱-۲-۲- دسته بندی مواد مرکب:

کامپوزیت ها بر اساس نوع زمینه ای که تقویت کننده را احاطه نموده است به سه گروه عمده بر اساس یک طبقه بندی بین المللی واحد تقسیم می شوند که عبارتند از:

۱- کامپوزیت های زمینه فلزی Mattel Matrix Composites یا (MMC)

۲- کامپوزیت های زمینه سرامیکی Ceramic Matrix Composites یا (CMC)

۳- کامپوزیت های زمینه پلیمری Polymer Matrix Composites یا (PMC)

البته کامپوزیتها دسته بندی دیگری هم دارند که بر اساس نوع تقویت کننده صورت می گیرد و عبارتست از:

۱. کامپوزیت ذره ای

۲. کامپوزیت الیافی یا رشته ای
۳. کامپوزیت لایه ای

در ایجا به طور مختصر کامپوزیتهای زمینه پلیمری را که در این تحقیق نیز مورد استفاده قرار گرفته را شرح می دهیم و برای کسب اطلاعات در زمینه انواع دیگر کامپوزیتها مراجع مربوطه را معرفی می کنیم [۲].

کامپوزیتهای زمینه پلیمری:

در کامپوزیتهای زمینه پلیمری ، ماتریکس یا همان زمینه یک ماده پلیمری است که به آن لفظ رزین اطلاق می گردد و شامل دو دسته کلی ترموپلاستیک ها هستند. الیاف تقویت کننده نیز شامل انواع شیشه ، آرامید ، کربن و بور میباشد. دراین ترکیب نقش باربری به صورت عمده بر عهده الیاف است. رزین وظیفه توزیع بار اعمال شده در شبکه الیاف و نگهداشتن موقعیت الیاف درجای خود را بر عهده دارد .

مزایای کامپوزیتهای زمینه پلیمری:

- کاهش وزن سازه ی ساخته شده
- ایمن بودن در برابر پدیده خوردگی
- قابلیت تحمل بارهای متناوب و مقاومت بسیار مناسب در برابر پدیده خستگی
- سادگی روشهای تولید و امکان تولید اشکال بسیار پیچیده با روشهای بسیار آسان، کارآمد و مقرون به صرفه
- سهولت فرآیندهای تعمیر و عیب یابی
- خصوصیات ارتعاشی بسیار مناسب و مقاوم بودن نسبت به پدیده تشدید در ارتعاشات نسبت به فلزات

روشهای تولید کامپوزیت زمینه پلیمری:

روشهای مختلفی جهت تولید قطعات کامپوزیتی زمینه پلیمری وجود دارد که به
طور کلی به دو دسته تقسیم می شوند :

۱- روشهای تولید ساده ، لایه چینی دستی و پاششی که شامل روش های تولید با قالب باز هستند.

۲- روشهای تولید خاص، پیچش الیاف و لایه نشانی پیوسته که جهت تولید قطعات خاص مانند لوله ، پروفیل ، ورق و غیره مورد استفاده قرار میگیرند.

در شکل (۱-۳) نمونه ای از کاربرد اتصالات چسبی را کنار مواد کامپوزیتی در هواپیمای فوکر مشاهده میکنید:

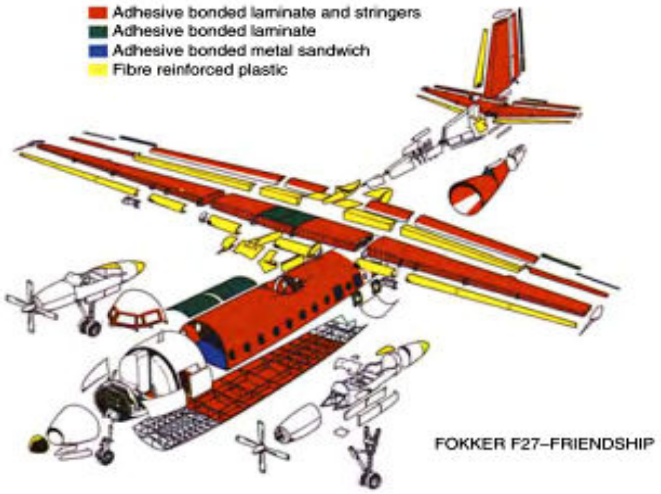


Plate 1: Many aircraft parts are bonded with high performance adhesives, on this FOKKER F27 as well as on the Airbus A380.

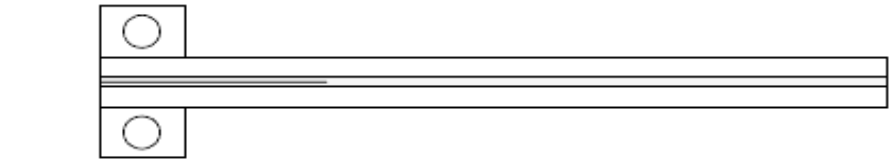
شکل ۱- ۳- اجزای کامپوزیتی و اتصالات چسبی در هواپیماب فوکر

در ادامه به بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه شکست اتصالات چسبی و عوامل تاثیرگذاری که در استحکام این نوع از اتصالات دخیل هستند، می پردازیم.

۱-۳- بیشینه پژوهش

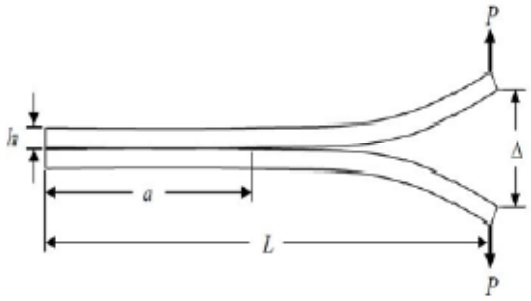
۱-۳-۱- شکست در مود I

مهمترین روش برای بدست آوردن نرخ رها سازی انرژی کرنش مود اول استفاده از روش تیر دوبل یکسر گیردار[14] می باشد .این نمونه به راحتی ساخته می شود و برای بیان مود اول شکست مواد فلزی و کامپوزیت های لایه ای و اتصالات چسبی به کار می رود. شکل (۱-۴-الف) تصویر شماتیکی از این نمونه که در برای بدست آوردن انرژی شکست در مود بازشدگی چسبها استفاده می شود را نشان میدهد:



شکل ۱-۴ (الف) - تیر یکسر گیردار مورد استفاده در اتصالات چسبی

شکل (۱-۴-ب) نیز نمونه DCB را همراه با تغییر شکل نشان می دهد:



شکل ۱-۴ (ب) - تیر یکسر گیردار تغییر شکل یافته

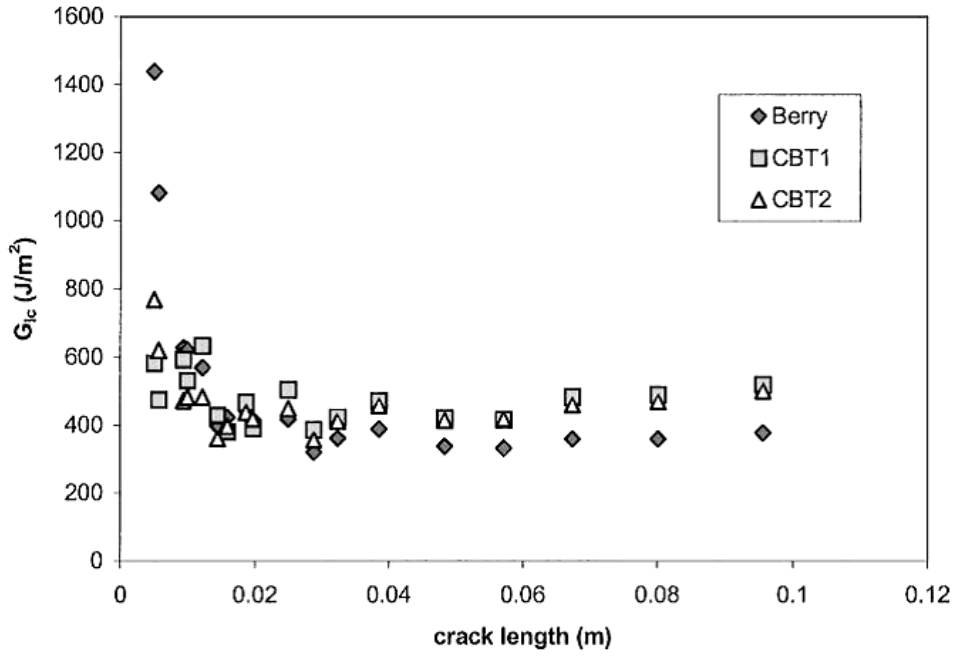
نرخ انرژی آزاد شده در این مود برابر است با:

$$G_{IC} = \frac{P_C{}^2}{2b}\frac{dc}{da} \qquad (۱-۱)$$

b پهنای نمونه و a طول ترک و c یک ضریب ثابت، P_C نیروی وارده به جسم میباشد.

[14] Double cantilever beam

[1] شکست در مود I را در اتصال چسبی کامپوزیتها بررسی کردند .آنها کار خود را روی نمونه تیر یکسر گیردار انجام دادند و پدیده شکست را در دماهای مختلف ۵۰ °C-، ۲۲،۹۰ درجه بررسی کردند .در این کار از تئوریهای مختلف شکست استفاده شده است که از آن جمله به تئوری بری[15] و تئوری تیرها[16] میتوان اشاره کرد.در تئوری تیرها از روش نیرو و جابجایی استفاده شده است.نمونه تیر یکسر گیردار استفاده شده در این آزمایش از دو لایه کامپوزیتی با فیبرهای [°۰] بوده است.نمودار شکل (۱-۵) مربوط به نرخ رهایی انرژی کرنشی در دمای ۵۰،۲۲،۹۰°C- میباشد:



(الف)[۴]

[15] Berry
[16] beam