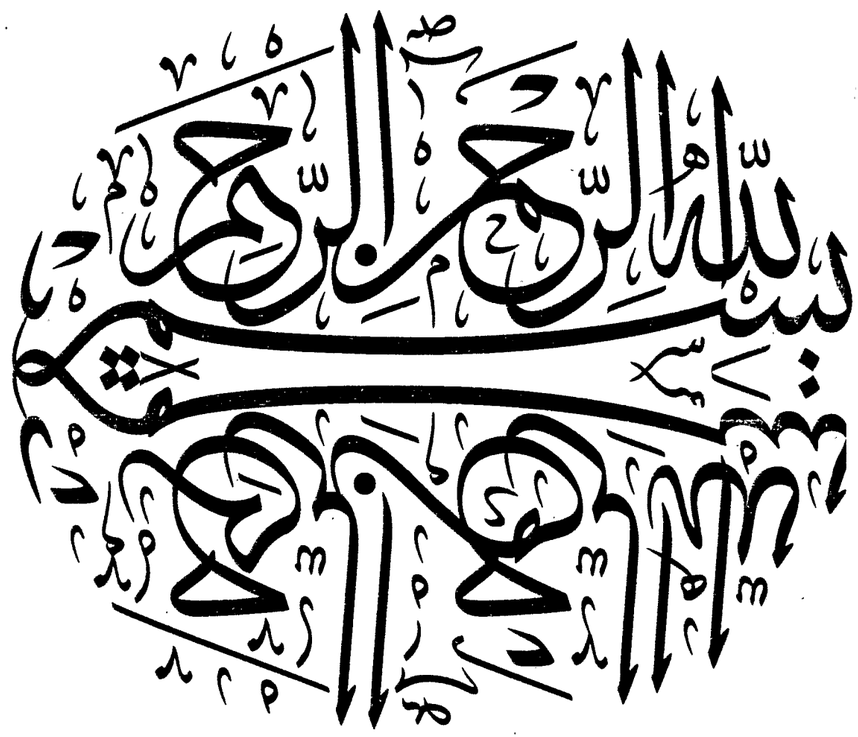
اسکن شد
تاریخ : ۸۰/۱۱/۸
توسط :


بسم الله الرحمن الرحیم

۲۴۵۳۳

بسم‌الله‌الرحمن‌الرحیم

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته: مهندسی متالورژی

گرایش: خوردگی و حفاظت از مواد

موضوع:

ساخت کامپوزیت‌های زمینه آلومینیمی حاوی Ti و B و بررسی خواص سایشی و خوردگی آن

توسط:

محسن مظاهری

استاد راهنما:

دکتر مسعود امامی قمی

۲۴۵۳۳

فرصت را مغتنم شمرده و از زحمات بیدریغ استاد گرانقدر جناب آقای دکتر مسعود امامی که در طول این پروژه صمیمانه مرا یاری نمودند و با راهنماییهای ارزشمندشان امکان انجام این پژوهش را میسر ساختند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم و همچنین از آقای دکتر حمید رضا قاسمی و آقای دکتر فرشاد اخلاقی که به عنوان استادان مشاور این پروژه مرا راهنمایی نموده‌اند، تشکر می‌نمایم.

بر خود لازم می‌دانم از مدیریت دانشگاه تهران به دلیل پشتیبانی مالی پروژه، مدیریت محترم کارخانه آلومتک و مدیران بخشهای تولید و تحقیقات کارخانه آلومینیم سازی اراک بدلیل در اختیار قرار دادن برخی از مواد و همچنین از سازمان انرژی اتمی بالاخص مدیر بخش مواد هسته‌ای مرکز تحقیقات رجائی شهر، سرکار خانم دکتر حسینی بدلیل در اختیار گذاشتن امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی آن مرکز تشکر و قدردانی نمایم.

در پایان از همکاری و زحمات پرسنل محترم بخش مواد هسته‌ای، آقایان مهندس لاهوتی، مهندس محرابی و مهندس نبی‌پور که در طول این پروژه مرا یاری نمودند، سپاسگذارم.

بسمه تعالی

دانشگاه تهران
دانشکده فنی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته: مهندسی متالورژی

گرایش: خوردگی و حفاظت از مواد

موضوع:

ساخت کامپوزیت‌های زمینه آلومینیمی حاوی Ti و B و بررسی خواص سایشی و خوردگی آن

توسط:

محسن مظاهری

از این پایان‌نامه در تاریخ ۷۷/۶/۲۹ در مقابل هیئت داوران دفاع گردید و مورد تصویب قرار گرفت

امضاء

مدیر گروه آموزشی: آقای دکتر احمدعلی آماده

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی گروه: آقای دکتر عباس زارعی هنزکی

استاد راهنما: دکتر مسعود امامی قمی

استاد مشاور: آقای دکتر حمیدرضا قاسمی منفرد راد

استاد مدعو: آقای دکتر فرشاد اخلاقی

ساخت کامپوزیت‌های زمینه آلومینیمی حاوی Ti و B و بررسی خواص سایشی و خوردگی آن

نام و نام خانوادگی: محسن مظاهری

استاد راهنما: دکتر مسعود امامی قمی

رشته تحصیلی: مهندسی متالورژی - خوردگی و حفاظت از مواد

تاریخ دفاع: شهریورماه ۱۳۷۷

چکیده

با توجه به کاربرد روزافزون کامپوزیت‌های زمینه فلزی در صنایع هوافضا، نظامی و خودروسازی، امروزه تحقیقات زیادی بر روی ساخت و بهینه کردن خواص آنها، انجام می‌گیرد. یکی از روش‌های ساخت کامپوزیت‌های زمینه فلزی که چند سالی است بطور موفقیت‌آمیز مورد استفاده قرارگرفته است، ساخت به روش درجا می‌باشد. در این روش لازم نیست فاز ثانویه قبلاً تهیه و سپس به زمینه اضافه شود، بلکه آن مستقیماً حین ساخت کامپوزیت در زمینه ایجاد می‌گردد.

در تحقیق حاضر ساخت کامپوزیت‌های زمینه آلومینیمی حاوی درصدهای مختلف Ti و B به روش درجا مورد مطالعه قرار گرفت و در این راستا کامپوزیت‌های Al-۵%Ti، Al-۱۰%Ti، Al-۵Ti-۰/۵B، Al-۵Ti-۱B، Al-۵Ti-۲B، Al-۵Ti-۲/۵B و Al-۱۵Ti-۰/۵B تهیه گردیدند.

برای وارد کردن Ti و B از ترکیبات TiO_2، K_2TiF_6، B_2O_3 و KBF_4 به همراه سرباره‌سازها و فلاکس استفاده گردید. نمک‌های K_2TiF_6 و KBF_4 نیز در ابتدای پژوهش ساخته شدند.

بمنظور رسیدن به توزیع یکنواخت فازهای ثانویه در زمینه، پارامترهای مختلفی تغییر داده شد. این پارامترها شامل ترکیبات مورد استفاده برای وارد کردن Ti و B، نسبت Ti/B زمینه، نوع آلومینیم زمینه، دما و زمان آزمایش و استفاده از فلاکس بود. با توجه به نتایج حاصله مشاهده گردید که برای هر نسبت Ti/B زمینه، شرایط جهت توزیع یکنواخت فازها تغییر می‌کند. در مورد کامپوزیت Al-۵Ti-۱B استفاده از مخلوط $TiO_2+KBF_4+Na_3AlF_6$ و دمای ۹۵۰°C، توزیع یکنواختی از فاز $TiAl_3$ و TiB_2 را در زمینه آلومینیمی ایجاد می‌کند.

بمنظور بررسی خواص سایشی کامپوزیت‌ها از روش پین روی دیسک استفاده شد. نمونه‌های کامپوزیتی به عنوان پین و دیسک‌ها از جنس فولاد St60 انتخاب گردید.

خواص خوردگی کامپوزیت‌ها با درصد مختلف از Ti و B مورد بررسی قرار گرفت و برای افزایش مقاومت به خوردگی کامپوزیتها، روش آندایزینگ نمونه‌های کامپوزیتی پیشنهاد گردید. برای بررسی مقاومت به خوردگی نمونه‌های آندایز شده از تست غوطه‌وری در محلول ۳/۵wt% NaCl استفاده شد.

در انتها استفاده از این کامپوزیت‌ها به عنوان ریزکننده دانه‌های آلومینیم نیز مورد بررسی قرارگرفت و حدود ۰/۱٪ از هر یک از کامپوزیت‌های Al-۸%Ti، Al-۵Ti-۱B و Al-۴B به آلومینیم خالص اضافه گردید و ریزکنندگی آنها با هم مقایسه شد.

فهرست

عنوان | صفحه

فصل اول - مقدمه ۱

فصل دوم - مروری بر منابع ۳

۲-۱ تاریخچه ۴

۲-۲ کامپوزیت‌های زمینه‌فلزی ۴

۲-۲-۱ تعریف و خصوصیات ۴

۲-۲-۱-۱ کامپوزیت‌های زمینه آلومینیومی ذره‌ای ۵

۲-۲-۲ کاربردها ۶

۲-۲-۳ فرایندهای ساخت کامپوزیت‌های زمینه‌فلزی ۷

۲-۲-۳-۱ مقدمه ۷

۲-۲-۳-۲ کامپوزیت‌های ذره‌ای قابل ریخته‌گری ۱۰

۲-۳ خواص کامپوزیت‌های زمینه فلزی ۱۱

۲-۳-۱ خواص مکانیکی کامپوزیت‌های زمینه فلزی ذره‌ای ۱۱

۲-۳-۱-۱ استحکام کششی ۱۲

۲-۳-۱-۲ مدول الاستیک و سختی ۱۳

۲-۳-۱-۳ نرمی ۱۳

۲-۳-۱-۴ استحکام خزشی و کششی در دمای بالا ۱۴

۲-۴ خواص سایشی کامپوزیت‌های زمینه فلزی ۱۵

۲-۴-۱ اثر نوع ذرات بر روی مقاومت به سایش کامپوزیت ۱۵

عنوان	صفحه

۲ـ۴ـ۲ اثر درصد حجمی ذرات فاز ثانویه ۱۵
۲ـ۴ـ۳ اثر اندازهٔ ذرات و تخلخل در مقاومت به سایش کامپوزیت ۱۶
۲ـ۴ـ۴ اثر زمینهٔ کامپوزیت ۱۶
۲ـ۴ـ۵ اثر روانساز بر مقاومت به سایش کامپوزیت ۱۶
۲ـ۴ـ۶ تأثیر ضریب اصطکاک بر مقاومت به سایش کامپوزیت ۱۷
۲ـ۵ خواص خوردگی کامپوزیت‌های زمینه آلومینیمی ۱۸
۲ـ۵ـ۱ نیروی محرکه برای خوردگی کامپوزیت ۱۸
۲ـ۵ـ۲ تأثیر فاز تقویت کننده و مقدار آن بر سرعت خوردگی کامپوزیت ۱۹
۲ـ۵ـ۳ اثر نوع فاز تقویت کننده ۲۰
۲ـ۵ـ۴ تأثیر زمینه بر روی سرعت خوردگی کامپوزیت ۲۱
۲ـ۵ـ۵ تأثیر فرایند تولید ۲۲
۲ـ۵ـ۶ اثر عوامل محیطی ۲۲
۲ـ۵ـ۷ حفاظت در برابر خوردگی کامپوزیت‌های زمینه آلومینیمی ۲۲
۲ـ۵ـ۷ـ۱ روش‌های حفاظت از خوردگی ۲۲
۲ـ۵ـ۷ـ۲ بررسی خوردگی کامپوزیت‌ها توسط روش ایمپدانس ۲۵
۲ـ۶ ریزکنندگی دانه توسط Al-TiB2، Al-Ti و Al-B ۲۶
۲ـ۷ فرایند ساخت کامپوزیت Al-TiB2 ..... ۲۹
۲ـ۷ـ۱ ساخت کامپوزیت Al-TiB2 ..... ۲۹
۲-۷-۲ ساخت کامپوزیت Al-TiB2 به روش صنعتی ۳۰
۲-۷-۳ پدیده فصل مشترک بین مذاب کامپوزیت و سرباره ۳۱

فصل سوم - روش انجام آزمایش ۳۲
۳ـ۱ مواد مصرفی ۳۲

عنوان | صفحه

۳ـ۲ ساخت کامپوزیت‌های Al-TiB2، Al-TiAl3 و Al-AlB2 ..... ۳۳
۳ـ۲ـ۱ بررسی ترکیبات تیتانیمی و بور ۳۳
۳ـ۲ـ۲ نسبت ترکیبات تیتانیمی و بور در سرباره ۳۳
۳ـ۲ـ۳ افزودن فلاکس به سرباره ۳۴
۳ـ۲ـ۴ تغییر زمینهٔ کامپوزیت ۳۴
۳ـ۲ـ۵ کوره‌های مورد استفاده ۳۵
۳ـ۲ـ۶ عوامل خارجی ۳۵
۳ـ۲ـ۷ ذوب مجدد مواد کامپوزیتی ۳۶
۳ـ۳ آزمایش پراش اشعه X ۳۶
۳ـ۴ مطالعهٔ ساختار میکروسکوپی ۳۷
۳ـ۴ـ۱ متالوگرافی ۳۷
۳ـ۴ـ۱ـ۱ آماده‌سازی نمونه‌ها ۳۷
۳ـ۴ـ۱ـ۲ میکروسکوپ نوری و SEM ۳۷
۳ـ۴ـ۱ـ۳ آنالیز EDX ۳۷
۳ـ۴ـ۲ مطالعه TEM کامپوزیتهای حاوی ذرات TiB2 ..... ۳۸
۳ـ۴ـ۳ سختی‌سنجی ۳۸
۳ـ۵ خواص خوردگی نمونه‌های کامپوزیتی ۳۸
۳ـ۵ـ۱ تست پلاریزاسیون ۳۸
۳ـ۵ـ۲ آندایزینگ ۳۹
۳ـ۵ـ۳ تست غوطه‌وری ۳۹
۳ـ۶ خواص سایشی کامپوزیت‌ها ۴۰
۳ـ۷ ریزکنندگی دانه توسط کامپوزیت‌های Al-TiB2، Al-TiAl3 و Al-AlB2 ..... ۴۰

عنوان | صفحه

فصل چهارم - نتایج آزمایشها ۴۱

۴ـ۱ بررسی پارامترهای مختلف در ساخت کامپوزیت‌های حاوی Ti و B ۴۱

۴ـ۱ـ۱ تأثیر درصد Ti و B بر مورفولوژی فازها در زمینه ۴۱

۴ـ۱ـ۲ تأثیر ترکیبات مورد استفاده در توزیع فازها در زمینه ۴۲

۴ـ۱ـ۳ استفاده از فلاکس ۴۲

۴ـ۱ـ۴ تأثیر ناخالصی آهن در توزیع‌ها فازها ۴۳

۴ـ۱ـ۵ بررسی توزیع بُر در آلومینیم ۴۳

۴ـ۱ـ۶ تأثیر ذوب مجدد بر آگلومره شدن فازها ۴۴

۴ـ۱ـ۷ بررسی آلیاژی کردن زمینه ۴۴

۴ـ۱ـ۸ بررسی نمونه‌های کامپوزیتی خارجی ۴۴

۴ـ۱ـ۹ ارزیابی سختی نمونه‌های ساخته شده و خارجی ۴۵

۴ـ۲ بررسی‌ها XRD، EDX و TEM ۴۵

۴ـ۲ـ۱ پراش اشعه X از نمونه‌های ساخته شده و خارجی ۴۵

۴ـ۲ـ۲ آنالیز EDX ۴۶

۴ـ۲ـ۳ بررسی TEM از نمونه‌ها ۴۶

۴ـ۳ خوردگی نمونه‌های کامپوزیتی ۴۶

۴ـ۳ـ۱ تأثیر نوع فاز تقویت کننده و زمینه بر روی سرعت خوردگی کامپوزیت‌ها ۴۶

۴ـ۳ـ۲ تأثیر آندایزینگ نمونه‌های کامپوزیتی بر روی مقاومت به خوردگی ۴۷

۴ـ۳ـ۳ بررسی حفره دار شدن نمونه‌ها با غوطه‌ور کردن در محلول ۳/۵٪NaCl ۴۸

۴ـ۴ ارزیابی مقاومت به سایش کامپوزیت‌ها ۴۸

۴ـ۵ تأثیر پارامترهای مختلف بر عملکرد ریزکنندگی دانه توسط کامپوزیت‌ها ۴۹

۴ـ۵ـ۱ بررسی ریز کنندگی توسط نمونه‌های کامپوزیتی ۴۹

عنوان	صفحه

۴ـ۵ـ۲ بررسی تأثیر فوق ذوب و دمای قالب برریز کنندگی دانه‌ها ۴۹

فصل پنجم - بحث ۵۱

۵ـ۱ بررسی واکنشهای انجام شده درحین فرایند ساخت کامپوزیت ۵۱

۵ـ۲ شکل و توزیع تشکیل شده در زمینه ۵۴

۵ـ۳ عوامل موثر برای آگلومره شدن ذرات TiB2 در کامپوزیت‌ها ۵۶

۵ـ۴ ترکیب‌بهینه جهت یکنواخت کردن توزیع فازها در زمینه ۵۶

۵ـ۵ تاثیر فرایند ساخت بر اصلاح ساختار Al۳۵۶ ..... ۵۸

۵ـ۶ تاثیر نوع فازها و درصد آن بر سختی نمونه‌ها ۵۸

۵ـ۷ نقش پدیدهٔ فصل مشترک مذاب / سرباره در ساخت کامپوزیت‌ها ۵۹

۵ـ۸ شکل ذرات TiB2 و فصل مشترک آنها در زمینه ۶۰

۵ـ۹ پارامترهای موثر برخوردگی و حفره‌دار شدن نمونه‌های کامپوزیتی ساخته شده ۶۰

۵ـ۱۰ تاثیر آندایزینگ برخوردگی کامپوزیت‌ها ۶۲

۵ـ۱۱ تاثیر نوع فاز تقویت کننده و مقدار آن بر مقاومت به سایش کامپوزیت‌ها ۶۳

۵ـ۱۲ برژسی ریز کنندگی دانه‌های آلومینیوم توسط کامپوزیت‌های Al-Ti، Al-B و Al-Ti-B ۶۴

فصل ششم - نتیجه گیری ۶۷

پیشنهادات ۶۹

مراجع ۷۰

جداول و اشکال ۷۶

فصل اول

مقدمه

کامپوزیت‌های زمینه فلزی، دستهٔ جدیدی از مواد هستند که با تغییر زمینه، فاز تقویت‌کننده و ساختار میکروسکوپی می‌توان به خواصی متفاوت از زمینه، دسترسی پیدا کرد. اگرچه این مواد از دو دههٔ پیش مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، اما استفاده از آنها به طور گسترده، چند سالی است که شروع شده است. هم‌اکنون ساخت و بررسی خواص کامپوزیت‌ها یکی از موضوعات مهم تحقیقی در بین مهندسین مواد است.

کامپوزیت‌های زمینه‌فلزی دارای ویژگیهایی نظیر استحکام و مدول الاستیک بالا، چقرمگی خوب و حساسیت کم به تغییرات دما، شوک حرارتی و ترک‌های سطحی بوده و این خواص، کاربرد آنها را به عنوان مواد ساختاری مناسب می‌سازد.

اگرچه فلزاتی نظیر سرب، روی، مس، فولاد، نیکل و نقره می‌توانند بعنوان زمینهٔ کامپوزیت مورد استفاده قرار گیرند ولی آلیاژهای سبک مثل آلومینیوم و منیزیم بیشترین استفاده را دارند. آلومینیوم به دلیل سبکی، نقطهٔ ذوب پایین، مقاومت در برابر خوردگی، هدایت الکتریکی و حرارتی خوب، سهم زیادی در

ساخت کامپوزیت‌های زمینه فلزی دارد.

برای بهتر کردن خواص استحکامی و مقاومت به سایش آلومینیوم، از ذرات سرامیکی نظیر SiC، Al_2O_3، TiB_2 و... استفاده می‌گردد. درحال حاضر کامپوزیت Al-SiC یکی از پرمصرف‌ترین کامپوزیت‌های زمینه آلومینیومی می‌باشد.

با توجه به کاربرد و اهمیت کامپوزیت‌های زمینه آلومینیومی در صنایع هوافضا، خودرو و صنایع نظامی، تحقیقات گسترده‌ای در کشورهای مختلف برای تولید و بهینه کردن خواص این مواد، انجام شده است. متاسفانه در کشور ما تحقیقات کمی برروی کامپوزیت‌های مختلف انجام شده است. در این راستا سعی شد کامپوزیت $Al-TiB_2$ در داخل کشور تهیه گردد.

در این پژوهش، کامپوزیت $Al-TiB_2$ با استفاده از روش درجا[1] ساخته شد. از مزایای مهم کامپوزیت $Al-TiB_2$، ترشوندگی عالی ذرات TiB_2 با زمینهٔ آلومینیومی است که منجر به خواص استحکامی خوبی می‌شود. این پژوهش مشتمل بر شش فصل می‌باشد. در فصل مروری بر منابع، ابتدا روش‌های مختلف ساخت کامپوزیت‌های زمینه‌فلزی مطرح شده و سپس به بررسی خواص مکانیکی، سایش و خوردگی بعضی کامپوزیت‌ها پرداخته شده است. در فصل سوم ضمن معرفی مواد مصرفی جهت ساختن کامپوزیت، روش و نحوهٔ انجام آزمایش‌ها بیان شده و نتایج حاصل از آزمایش‌ها در فصل چهارم آورده شده است. در فصل پنجم، نتایج حاصل از آزمایش‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته است.

در نهایت نتایج بصورت طبقه‌بندی شده ارائه و پیشنهادهایی نیز در راستای کارهای انجام گرفته در فصل ششم آورده شده است.

1- Insitu

فصل دوم

مروری بر منابع

امروزه کامپوزیت‌ها به عنوان یکی از مهمترین مواد مهندسی مطرح شده‌اند. خصوصیات مکانیکی و قابل انطباق با نیازها و ارائه توانایی‌های ویژه، باعث افزایش شدید سرمایه‌گذاری در این راستا شده است. کامپوزیت‌های زمینه فلزی در بین دیگر کامپوزیت‌ها در سالهای اخیر از رشد قابل توجهی برخوردار بوده‌اند. اگرچه کاربردهای هوافضا عمده‌ترین نیروی محرکه برای پیشرفت کامپوزیت‌های زمینه‌فلزی در گذشته بوده، ولی امروزه نیاز به مواد سبک، مقاوم و دارای مدول بالا، سبب توجه بیشتر کامپوزیت‌های زمینه‌فلزی در سایر کاربردها نظیر صنایع اتومبیل‌سازی و غیره شده است. نکته‌ای که باید به آن توجه داشت، این است که اکثر تحقیقات در مورد کامپوزیت‌ها محرمانه بوده و این خود نشانگر اهمیت ساخت و بررسی خواص کامپوزیت‌ها می‌باشد.

در بین کامپوزیت‌های زمینه آلومینیومی، تاکنون کامپوزیت Al-SiC بیشترین تولید و مصرف را داشته، اما چند سالی است که کامپوزیت $Al-TiB_2$ به عنوان رقیب جدیدی مطرح شده است و خصوصیت ویژهٔ این کامپوزیت باعث شده که تحقیقات زیادی بَرروی ساخت و بررسی خواص آن صورت گیرد.

۲-۱ تاریخچه

استفاده از کامپوزیت‌ها به عنوان یکی از مواد مهندسی از چند دهه قبل شروع شده است ولی حتی در زمان‌های بسیار قبل نیز از کامپوزیت‌ها استفاده شده است. چندین هزارسال پیش، کارگران مصری از کاه بعنوان فاز تقویت‌کننده در ساخت آجرها استفاده می‌کردند[۱].

کاربرد کامپوزیت‌ها بعنوان مواد مهندسی به اوایل قرن حاضر برمی‌گردد. در سال ۱۸۹۰ میلادی، کاربید تنگستن (WC) تهیه گردید و در سال ۱۹۲۰ میلادی، کامپوزیت Co-WC برای استفاده در ابزارهای برش به کار گرفته شد[۲].

کاربرد کامپوزیت‌های پلیمری با تقویت‌کننده‌های فایبری به سال ۱۹۰۳ میلادی برمی‌گردد، جائیکه برادران رایت از آن در ساخت هواپیمایشان استفاده کردند. کامپوزیت‌های فایبرگلاسی از دهۀ ۱۹۴۰ در هواپیماهای نظامی استفاده گردیدند. فایبرهای بُر از اوایل ۱۹۶۰ برای بهبود خواص استحکامی زمینه به کار گرفته شد. و در دهۀ ۱۹۷۰ میلادی، فایبرهای کربنی نیز در کامپوزیت‌ها به کار گرفته شدند[۳].

ساخت کامپوزیت‌ها به روش درجا از اوایل دهۀ ۱۹۸۰ میلادی آغاز گردید. فرایند Lanxide یکی از روشهای درجا[1] برای ساخت کامپوزیت‌های $Al-Al_2O_3$ و Al-AlN است که در اواسط دهۀ ۱۹۸۰ انجام گردید[۴].

در اواخر دهۀ ۱۹۸۰، کامپوزیت‌های زمینه آلومینیوم و مس با تقویت‌کننده‌هایی نظیر کاربید تیتانیم و کاربید نیوبیم به روش درجا ساخته شد[۴].

فرایند XD برای ساخت کامپوزیت‌های زمینه آلومینیوم با فاز تقویت‌کننده نظیر تیتانیوم دی‌برایـد و زیرکونیوم دی براید توسط کزاک و همکارانش از سال ۱۹۹۳ میلادی گسترش یافت[۵].

۲-۲ کامپوزیت‌های زمینه‌فلزی[2]

۲-۲-۱ تعریف و خصوصیات

کامپوزیت‌های زمینه فلزی شامل دوجزء می‌باشند: جزء اول، زمینه فلزی بوده و جزء دوم فاز تقویت‌کننده است. فاز تقویت‌کننده بطورکلی یک مادۀ سرامیکی نظیر ترکیب بین‌فلزی، اکسید، کاربید و

1- Insitu 2- MMC