دانشگاه تبریز

دانشکده فنی مهندسی مکانیک

گروه مهندسی مواد

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مواد گرایش سرامیک

عنوان

سنتز سرامیکهای اکسی نیتریدی بر پایه سیالون با استفاده از آندالوزیت

استاد راهنما

دکتر مهدی قاسمی کاکرودی

استاد مشاور

دکتر حسین آقاجانی

پژوهشگر

حسین جغتایی

بهمن ۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تبریز

دانشکده فنی مهندسی مکانیک

گروه مهندسی مواد

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مواد گرایش سرامیک

عنوان

سنتز سرامیکهای اکسی نیتریدی بر پایه سیالون با استفاده از آندالوزیت

استاد راهنما

دکتر مهدی قاسمی کاکرودی

استاد مشاور

دکتر حسین آقاجانی

پژوهشگر

حسین جغتایی

بهمن ۹۰

تقدیم به

مادری مهربان

او که آرامش زندگیم از فداکاری‌ها، از خودگذشتگی‌ها و صبر اوست.

پدری دلسوز

او که از هیچ زحمتی برای آسایشم دریغ نکرد و اسباب رشد و بالندگی مرا فراهم نمود.

تقدیر و تشکر:

پروردگارا

مرا آفریدی و به من توان دادی تا با یاری تو زنوگی کنم و مسیرهای زندگی را بپیمایم.

الهی شکر تو را زبان نیست و فضل تو را کران.

از

استاد عزیز و مهربانم، جناب آقای دکتر مهدی قاسمی کاکرودی

برای تمامی محبت ها و حمایت هایشان، و دانش ناچیزی که در این زمینه دارم مدیون ایشان هستم.

از

استاد عزیز و مهربانم، جناب آقای دکتر حسین آقاجانی

که با صبر، حوصله و راهنمایی های ارزنده در این راه کمکم کردند.

از

جناب آقای دکتر اکبری که زحمت داوری این پایان‌نامه را تقبل کردند.

نام خانوادگی دانشجو: جغتایی **نام:** حسین

عنوان پایان‌نامه: سنتز سرامیک‌های اکسی نیتریدی بر پایه سیالون با استفاده از آندالوزیت

استاد راهنما: دکتر مهدی قاسمی کاکرودی
استاد مشاور: دکتر حسین آقاجانی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی مواد **گرایش:** سرامیک **دانشگاه:** تبریز
دانشکده: مهندسی مکانیک **تاریخ فارغ التحصیلی:** ۱۳۹۰/۱۱/۱۸ **تعداد صفحه:** ۱۰۲

کلید واژه‌ها: سیالون، نیتروژن‌دهی، آلومینوترمیک، سیلیکوترمال، کربوترمال، آندالوزیت

چکیده:

سرامیک‌های اکسی نیتریدی سیالون دارای خواص مفید و کاربردهای فراوان در زمینه مهندسی است. این ماده را می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف نیتروژن‌دهی ترکیبات آلومینوسیلیکاتی مانند آندالوزیت سنتز کرد. لذا در این پژوهش، روش‌های نیتروژن‌دهی کربوترمال، آلومینوترمیک و سیلیکوترمال آندالوزیت به‌منظور سنتز سیالون و اثر عوامل گوناگون برای افزایش درصد این فاز مورد بررسی قرار گرفت. سپس به بررسی اثر پارامترهای مختلف مانند دما، زمان و نسبت سیلیسیم به آلومینیم ترکیب بر روی مقدار Z فاز β- سیالون و اثر مقدار Z بر روی پارامترهای شبکه پرداخته شد. نتایج این بررسی‌ها بیانگر این موضوع است که نیتروژن‌دهی سیلیکوترمال نسبت به دو روش دیگر از لحاظ تولید سیالون راندمان بالاتری دارد، به‌طوری‌که در این روش ۱۰۰٪ فاز سیالون (O- سیالون و β- سیالون) تولید شد. با افزایش دما و کاهش نسبت سیلیسیم به آلومینیم ترکیب، مقدار Z فاز β- سیالون افزایش می‌یابد. همچنین یک رابطه خطی به‌صورت ax+b بین پارامترهای شبکه و مقدار Z وجود دارد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
بخش اول: مقدمه و مروری بر منابع مطالعاتی	
فصل اول: مقدمه	۲
فصل دوم: مروری بر منابع مطالعاتی	۵
۱-۲-۱- نیترید سیلیسیم (Si_3N_4)	۵
۱-۲-۲- سیالون	۹
۱-۲-۲-۱- تاریخچه	۹
۱-۲-۲-۲- معرفی سیالون	۱۰
۱-۲-۲-۳- فازهای سیالونی	۱۱
۱-۲-۲-۳-۱- β– سیالون	۱۱
۱-۲-۲-۳-۲- α– سیالون	۱۳
۱-۲-۲-۳-۳- O- سیالون	۱۶
۱-۲-۲-۳-۴- X- سیالون	۱۶
۱-۲-۲-۳-۵- چندگونه‌های سیالون	۲۰
۱-۲-۲-۴- خواص سیالون	۲۱
۱-۲-۲-۵- کاربردهای سیالون	۲۶
۱-۲-۲-۶- مروری بر روش‌های سنتز سیالون	۲۹
۱-۲-۲-۶-۱- روش نیتروژن‌دهی کربوترمال	۲۹

عنوان | صفحه

۱-۲-۲-۶-۲- روش نیتروژن‌دهی آلومینوترمیک ۳۱

۱-۲-۲-۶-۳- روش نیتروژن‌دهی سیلیکوترمال ۳۱

۱-۲-۲-۶-۴- روش فعال‌سازی مکانیکی ۳۳

۱-۲-۲-۶-۵- نیتروژن‌دهی و عملیات حرارتی ترکیبات مختلف ۳۳

۱-۲-۲-۶-۶- سایر روش‌ها ۳۵

۱-۲-۲-۷- کامپوزیت‌های سیالون ۳۶

۱-۲-۲-۷-۱- β- سیالون/ ZrO_2 ۳۶

۱-۲-۲-۷-۲- β- سیالون/ SiC ۳۷

۱-۲-۲-۷-۳- آلومینا/ سیالون ۳۷

بخش دوم: مواد و روش‌های پژوهش

۳-۱- کلیات ۳۹

۳-۲- مواد اولیه ۳۹

۳-۳- تجهیزات مورد استفاده ۴۱

۳-۴- آماده‌سازی و عملیات حرارتی ۴۲

۳-۵- آزمایش‌ها ۴۶

۳-۵-۱- آنالیز کیفی و نیمه کمی XRD ۴۶

۳-۵-۲- درصد تغییرات وزن نمونه‌های قبل و بعد از پخت ۴۶

۳-۵-۳- چگالی حقیقی ۴۶

عنوان صفحه

بخش سوم: نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فصل اول: نتایج و بحث ۴۹

۴-۱- مقدمه ۴۹

۴-۲- بررسی عملیات حرارتی و نیتروژن‌دهی آندالوزیت ۴۹

۴-۳- نیتروژن‌دهی کربوترمال آندالوزیت ۵۲

۴-۴- نیتروژن‌دهی آلومینوترمیک آندالوزیت ۵۵

۴-۴-۱- اثر دما روی سنتز سیالون ۵۶

۴-۴-۱-۱- مطالعات فازی ۵۶

۴-۴-۱-۲- اثر دما بر روی درصد فازهای تشکیل شده ۶۱

۴-۴-۲- اثر زمان روی سنتز سیالون ۶۴

۴-۴-۲-۱- مطالعات فازی ۶۴

۴-۴-۲-۲- اثر زمان روی درصد فازهای تشکیل شده ۶۸

۴-۴-۳- بررسی اثر درصدهای مختلف وزنی آلومینیم ۷۰

۴-۴-۴- اثر دبی گاز نیتروژن ۷۳

۴-۴-۵- مقایسه بین نیتروژن‌دهی آلومینوترمیک آندالوزیت و آندالوزیت عملیات حرارتی شده در اتمسفر معمولی ۷۴

۴-۴-۶- اثر افزودن میکروسیلیس ۷۶

۴-۴-۶-۱- اثر افزودن میکروسیلیس به ترکیب آندالوزیت و آلومینیم ۷۶

۴-۴-۶-۲- اثر افزودن میکروسیلیس به ترکیب آندالوزیت و آلومینیم یک بار عملیات حرارتی و نیتروژن‌دهی شده ۷۹

عنوان | صفحه

۴-۵- نیتروژن‌دهی سیلیکوترمال آندالوزیت ۸۰

۴-۵-۱- نیتروژن‌دهی سیلیکوترمال آندالوزیت ۸۱

۴-۵-۲- نیتروژن‌دهی سیلیکوترمال آندالوزیت یک بار عملیات حرارتی شده در اتمسفر معمولی ۸۵

۴-۶- بررسی مقدار Z فاز β- سیالون ۸۷

۴-۶-۱- اثر دما روی تغییرات مقدار Z فاز β- سیالون ۸۷

۴-۶-۲- اثر زمان روی تغییرات مقدار Z فاز β- سیالون ۹۰

۴-۶-۳- اثر نسبت سیلیسیم به آلومینیم روی تغییرات مقدار Z فاز β- سیالون ۹۰

۴-۷- رابطه مقدار Z با پارامترهای شبکه ۹۱

فصل دوم: نتیجه‌گیری ۹۳

فصل سوم: پیشنهادات ۹۵

منابع ۹۶

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱- ۱): مشخصات کریستالوگرافی فازهای مختلف نیترید سیلیسیم	۶
جدول (۱- ۲): ترکیب‌های شیمیایی X- سیالون	۱۷
جدول (۱- ۳): فازهای مختلف چندگونه به همراه پارامترهای شبکه آن‌ها	۲۰
جدول (۱- ۴): خواص برخی از سرامیک‌های مهندسی	۲۵
جدول (۲- ۱): مشخصات آندالوزیت مورد استفاده	۴۰
جدول (۲- ۲): ترکیب شیمیایی آندالوزیت	۴۰
جدول (۲- ۳): ترکیبات استفاده شده به همراه شرایط آن‌ها	۴۴
جدول (۳- ۱): نتایج حاصل از سنتز سیالون در بهینه‌سازی پارامترهای دما و زمان	۷۰
جدول (۳- ۲): درصد تغییرات وزنی نسبی	۸۹

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل(۱– ۱):ساختار کریستالی γ-Si_3N_4	۶
شکل(۱– ۲):ساختار فازهای β-Si_3N_4 و α-Si_3N_4	۷
شکل(۱– ۳): تفاوت ساختاری فازهای الف) α-Si_3N_4 وب) β-Si_3N_4	۸
شکل (۱– ۴): تصاویر SEM فازهای مختلف نیترید سیلیسیم الف) α-Si_3N_4 و β-Si_3N_4 ب) β-Si_3N_4	۸
شکل (۱– ۵): سیستم Si-Al-O-N و زیر سیستم SiO_2-Si_3N_4-AlN-Al_2O_3	۱۰
شکل(۱– ۶): دیاگرام فازی Si-Al-O-N در دمای ۱۷۳۰K–۱۷۰۰	۱۱
شکل(۱– ۷): ساختار β– سیالون با Z=4	۱۲
شکل (۱– ۸): نمودار میزان انحلال کاتیون پایدار کننده به شعاع کاتیون در α– سیالون	۱۴
شکل (۱– ۹): منشور سه بعدی Janecke برای سیستم Y-Si-Al-O-N	۱۴
شکل (۱– ۱۰): فرمول‌های مختلف X– سیالون (نقاط سیاه) بر اساس جدول (۲– ۲)	۱۸
شکل (۱– ۱۱): مقایسه ساختار مولایت و X– سیالون	۱۹
شکل (۱– ۱۲):ریزساختار سرامیک X– سیالون عملیات حرارتی شده در دمای ۱۵۲۳K و به‌مدت ۱ ساعت در هوا. X، M و V به‌ترتیب نشان‌دهنده X– سیالون، مولایت و فاز آمورف غنی از سیلیس می‌باشد	۱۹
شکل(۱– ۱۳): ثابت دی الکتریک β– سیالون به دما برای مقادیر مختلف Z	۲۲
شکل(۱– ۱۴): تاثیر نرخ گرمایش بر روی شفافیت Li– α– سیالون الف)$^{-1}$C.min ۱۰۰ و ب)$^{-1}$C.min ۳۰۰	۲۳
شکل(۱– ۱۵): نمودار تغییرات سختی ویکرز با دما برای برخی از سرامیک‌های بسیار سخت	۲۳
شکل(۱– ۱۶): تاثیر متقابل بین X– سیالون و فولاد DIN42CrMo4 بعد از ۵ ساعت در دمای ۱۴۷۳ K	۲۴

عنوان صفحه

شکل(۱- ۱۷): برخی از کاربردهای سیالون الف) فویل‌های آب‌زدایی ورق، ب) نازل‌های ساچمه‌زنی و پ) گلوله‌های آسیا ۲۶

شکل(۱- ۱۸): برخی از کاربردهای سیالون الف) سنسورهای سطح، ب) لوله‌های گرمکن و بالابرنده و پ) ورق‌های محافظ ترموکوپل ۲۷

شکل(۱- ۱۹): برخی از کاربردهای سیالون الف) قالب‌های کشش و اکستروژن، ب) پین‌های اتصال موضعی برای جوشکاری و پ) ابزار برش ۲۷

شکل(۱- ۲۰): برخی از کاربردهای سیالون الف) شیرهای اندازه‌گیری و ب) هیدروسیکلون‌ها ۲۸

شکل(۱- ۲۱): برخی از کاربردهای سیالون الف) پیش برنده‌ها و ب) درزگیرهای مکانیکی ۲۸

شکل(۱- ۲۲): نمودار درصد وزنی به دما برای شکل‌گیری فاز α- سیالون ۳۴

شکل (۱-۲۳): شماتیک کوره SHS ۳۶

شکل (۲- ۱): فلوچارت کلی آماده‌سازی و عملیات حرارتی نمونه‌ها ۴۲

شکل (۳- ۱) : الگوهای XRD الف) آندالوزیت و ب) آندالوزیت عملیات حرارتی شده در حضور گاز نیتروژن ۵۰

شکل (۳-۲): نمودار انرژی آزاد گیبس تشکیل استاندارد نسبت به دما ۵۱

شکل (۳-۳): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده کربوترمال در زمان ثابت ۲ ساعت و دماهای: الف) ۱۵۲۳K، ب) ۱۶۲۳K، پ) ۱۷۲۳K، ت) ۱۸۲۳Kوث) ۱۹۲۳K ۵۲

شکل (۳-۴) : نمودار درصد فاز به دما در زمان ثابت ۲ ساعت ۵۳

شکل (۳-۵): نمودار ستونی چگالی واقعی به دما ۵۵

شکل (۳-۶): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک در زمان ثابت ۱ ساعت و دماهای: الف) ۱۷۲۳K، ب) ۱۸۲۳K، پ) ۱۹۲۳K ۵۷

شکل (۳-۷): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک در زمان ثابت ۲ ساعت و دماهای: الف) ۱۵۲۳K، ب) ۱۶۲۳K، پ) ۱۷۲۳K، ت) ۱۸۲۳Kوث) ۱۹۲۳K ۵۸

شکل (۳-۸): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک در زمان ثابت ۳ ساعت و دماهای: الف) ۱۷۲۳K، ب) ۱۸۲۳K، پ) ۱۹۲۳K ۵۹

عنوان | صفحه

شکل (۳-۹): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک در زمان ثابت ۴ ساعت و دماهای: الف) ۱۷۲۳K، ب) ۱۸۲۳K، پ) ۱۹۲۳K ۶۰

شکل (۳-۱۰) : نمودار درصد فاز به دما در زمان ثابت ۱ ساعت ۶۱

شکل (۳- ۱۱) : نمودار درصد فاز به دما در زمان ثابت ۲ ساعت ۶۲

شکل (۳- ۱۲) : نمودار درصد فاز به دما در زمان ثابت ۳ ساعت ۶۳

شکل (۳- ۱۳) : نمودار درصد فاز به دما در زمان ثابت ۴ ساعت ۶۴

شکل (۳-۱۴): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک دردمای ثابت ۱۷۲۳Kو در زمان‌های: الف) ۱ ساعت، ب) ۲ ساعت، پ) ۳ ساعت و ت) ۴ ساعت ۶۵

شکل (۳- ۱۵): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک دردمای ثابت ۱۸۲۳Kو در زمان‌های: الف) ۱ ساعت، ب) ۲ ساعت، پ) ۳ ساعت و ت) ۴ ساعت ۶۶

شکل (۳- ۱۶): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک دردمای ثابت ۱۹۲۳Kو در زمان‌های: الف) ۱ ساعت، ب) ۲ ساعت، پ) ۳ ساعت و ت) ۴ ساعت ۶۷

شکل (۳- ۱۷) : نمودار درصد فاز به زمان در دمای ثابت ۱۷۲۳K ۶۸

شکل (۳- ۱۸) : نمودار درصد فاز به زمان در دمای ثابت ۱۸۲۳K ۶۹

شکل (۳- ۱۹) : نمودار درصد فاز به زمان در دمای ثابت ۱۹۲۳K ۶۹

شکل (۳- ۲۰): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک در دمای ۱۸۲۳ K و زمان ۳ ساعت برای درصدهای مختلف وزنی آلومینیم: الف) ۲۳٪، ب) ۲۵٪ وپ) ۲۷٪ ۷۱

شکل (۳- ۲۱): نمودار ستونی درصد فاز به نسبت‌های مختلف آلومینیم به آندالوزیت ۷۲

شکل (۳- ۲۲): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک در دبی های مختلف گاز الف)$cm^3.s^{-1}$ ۳۸ و ب) $cm^3.s^{-1}$ ۷۶۰ ۷۳

شکل (۳- ۲۳): نمودار ستونی درصد فاز به دبی گاز نیتروژن (دبی بالا =HV و سرعت پایین =LV) ۷۴

شکل (۳- ۲۴): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک برای دو نوع آندالوزیت: الف) معمولی و ب) عملیات حرارتی شده در اتمسفر معمولی ۷۵

عنوان صفحه

شکل (۳-۲۵): نمودار ستونی درصد فاز به نوع آندالوزیت (عملیات حرارتی شده=HT) ۷۶

شکل (۳- ۲۶): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده آلومینوترمیک برای نمونه‌ها با مقادیر میکروسیلیس متفاوت: الف) ۰ ،ب) wt٪ ۱۸ و پ) wt٪ ۲۴ ۷۷

شکل (۳-۲۷): نمودار ستونی درصد فاز به درصد وزنی اکسید سیلیسیم ۷۸

شکل (۳- ۲۸): الگوی XRD نیتروژن‌دهی ترکیب آندالوزیت وآلومینیم یک بار عملیات حرارتی و نیتروژن‌دهی شده برای نمونه‌ها با مقادیر میکروسیلیس متفاوت: الف) wt٪ ۱۸ و ب) wt٪ ۲۴ ۷۹

شکل (۳-۲۹): نمودار ستونی درصد فاز به درصد وزنی اکسید سیلیسیم ۸۰

شکل (۳- ۳۰): الگوی XRD نمونه‌های نیتروژن‌دهی شده سیلیکوترمال آندالوزیت: الف) بدون کلرید آمونیم و ب) با کلرید آمونیم ۸۱

شکل (۳-۳۱): نمودار ستونی برای نمونه‌های نیتروژن‌دهی سیلیکوترمال آندالوزیت در دو حالت بدون کلرید آمونیم و با کلرید آمونیم ۸۲

شکل(۳-۳۲): تصویر SEM از مورفولوژی فازهای β- سیالون و O- سیالون ۸۳

شکل(۳-۳۳): تصویر SEM از مورفولوژی فازها و آنالیز EDX مربوط به آن‌ها ۸۴

شکل(۳-۳۴): تصاویر SEM از مورفولوژی فازهای β- سیالون و O- سیالون ۸۵

شکل (۳- ۳۵): الگوی XRD فازهای نمونه‌های نیتروژن‌دهی سیلیکوترمال آندالوزیت عملیات حرارتی شده در اتمسفر معمولی : الف) بدون کلرید آمونیم و ب) با کلرید آمونیم ۸۶

شکل (۳-۳۶): نمودار ستونی برای نمونه‌های نیتروژن‌دهی سیلیکوترمال آندالوزیت عملیات حرارتی شده در اتمسفر معمولی در دو حالت بدون کلرید آمونیم و با کلرید آمونیم ۸۷

شکل (۳-۳۷): نمودار تغییرات مقدار Z فاز β- سیالون نسبت به دما در زمان‌های الف) ۱ ساعت ب) ۲ ساعت پ) ۳ و ۴ ساعت ۸۸

شکل (۳-۳۸): نمودار تغییرات مقدار Z فاز β- سیالون نسبت به زمان ۹۰

شکل(۳-۳۹): نمودار پارامترهای شبکه نسبت به مقدارZ ۹۱

بخش اول:

مقدمه و مروری

بر منابع مطالعاتی

فصل اول: مقدمه

امروزه در کاربردهای دما بالا جایگزینی فلزات با سرامیک‌های پیشرفته بیش از پیش نمایان‌تر شده‌است. اصولا مهم‌ترین مزایای سرامیک‌ها نسبت به دیگر مواد، دیرگدازی، سختی، مقاومت به خوردگی و استحکام مکانیکی و ترمومکانیکی بالای آن‌هاست. سرامیک‌های نیتریدی شاخه‌ای از سرامیک‌های پیشرفته هستند که معمولا از سختی، نقطه ذوب، مقاومت شیمیایی و هدایت حرارتی بالا و ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی قابل توجه برخوردار هستند که از برخی از آن‌ها می‌توان به Si_3N_4، AlN، BN، TiN، ZrN، HfN، TaN و VN اشاره نمود. نیترید سیلیسیم (Si_3N_4)، یکی از سرامیک‌های نیتریدی است که به‌دلیل سختی بسیار بالا و حفظ این ویژگی در دماهای بسیار بالا مورد توجه زیادی قرار گرفته است. البته نیترید سیلیسیم دارای خواص دیگری چون مقاومت به سایش بالا، دارا بودن استحکام بالا در محدوده وسیع دمایی، هدایت حرارتی نسبتا بالا، ضریب انبساط حرارتی پایین، مدول الاستیک بالا، مقاومت به شوک حرارتی عالی و توانایی تحمل کردن بارهای سازه‌ای در دمای بالا است. البته این سرامیک دارای نقاط ضعفی مانند مشکل شکل‌دهی و زینترپذیری است. به این علت نیترید سیلیسیم محدود به ساخت قطعات سرامیکی با اشکال ساده و دماهای بالای زینترینگ می‌شود. این معایب سبب شد که محققین به فکر ماده دیگری بیافتند که ضمن برخورداری خواص نیترید سیلیسیم، معایب آن‌را نیز برطرف کند. این ماده ارزشمند سیالون[1] نام دارد. سیالون اکسی نیترید مرکب آلومینیم و سیلیسیم است.

سیالون تمامی خواص نیترید سیلیسیم را دارا است و علاوه بر برطرف کردن مشکلات زینترینگ و شکل-دهی، دارای چقرمگی، مقاومت به خوردگی (در برابر سرباره و مذاب‌های قلیایی) و مقاومت به اکسیداسیون

[1] Sialon

بالاتر و از لحاظ ترمودینامیکی پایدارتر از نیتریدسیلیسیم است. به‌دلیل رفع مشکل زینترینگ و شکل‌دهی، قطعات ساخته شده محدود به اشکال ساده نیستند. علاوه‌بر آن، دمای پایین‌تر زینترینگ قطعات ساخته شده از سیالون، ریز دانه‌ترند و از استحکام بالاتری برخوردارند. به‌علت استفاده از روش‌های ساده‌تر شکل‌دهی و دمای زینترینگ پایین‌تر قیمت قطعه ساخته شده با سیالون کاهش می‌یابد.

یکی از مسائل مهمی که در رابطه با سیالون در دنیا مطرح است، تولید آن و مساله مهم‌تر تولید ارزان قیمت و با صرفه اقتصادی آن است. به این دلیل محققین زیادی روی سنتز سیالون با استفاده ازکانه‌های آلومینوسیلیکاتی به‌دلیل فراوانی و ارزان بودن آن‌ها، مانند کائولینیت ($2SiO_2.Al_2O_3.2H_2O$)، پیروفیلیت ($4SiO_2.Al_2O_3.H_2O$)، سیلیمانیت ($Al_2O_3.SiO_2$)، مونت‌موری‌لونیت($4SiO_2.Al_2O_3.H_2O$) و ... کار کرده‌اند.

یکی از روش‌های مرسوم که برای سنتز سیالون از آلومینوسیلیکات‌ها صورت می‌گیرد، روش کربوترمال است. روش کربوترمال شامل حرارت‌دهی آلومینوسیلیکات در حضور کربن و در اتمسفر نیتروژن است. پژوهش‌های زیادی روی سنتز سیالون با استفاده از روش کربوترمال آلومینوسیلیکات‌ها به‌خصوص کائولینیت صورت گرفته است. این روش از لحاظ اقتصادی بسیار راضی کننده است ولی عیب بزرگ آن خلوص پایین محصول در این روش است.

با توجه به رویکرد دنیای امروز به سوی سرامیک‌های نوینی همچون سیالون، نیاز روزافزون به این مواد پیشرفته و وجود کانه آندالوزیت در داخل کشور، تحقیق حاضر بر سنتز سیالون با استفاده از آندالوزیت متمرکز شده است. آندالوزیت یک کانه آلومینوسیلیکاتی با آلومینای بالاست که در کشور ما معادن عظیمی از آن در استان همدان یافت می‌شود که به‌عنوان یک سرمایه ملی مطرح است و استفاده بهینه از آن ضروری

است.

در رابطه با سنتز سیالون به روش‌های دیگر مثل نیتروژن‌دهی آلومینوترمیک و سیلیکوترمال پژوهش‌های بسیار کمی تاکنون انجام شده است، لذا در این پژوهش علاوه بر روش نیتروژن‌دهی کربوترمال، از روش‌های نیتروژن‌دهی آلومینوترمیک و سیلیکوترمال برای سنتز پودر سیالون استفاده شده است و پارامترهای مختلف برای رسیدن به بیشترین مقدار سیالون بررسی شده است.

در بخش حاضر به معرفی و شناخت سیالون و فازهای آن، خواص، کاربرد و مروری بر پژوهش‌های انجام شده در رابطه با سنتز سیالون پرداخته شده است. در بخش دوم به مواد و روش‌های مورد استفاده و در بخش سوم به نتایج به‌دست آمده و بحث راجع به آن‌ها پرداخته شده است.

فصل دوم: مروری بر منابع مطالعاتی

۱-۲-۱- نیترید سیلیسیم (Si_3N_4)

سرامیک نیترید سیلیسیم شامل یک ترکیب شیمیایی از سیلیسیم (Si) و نیتروژن (N) است. این ماده سرامیکی دارای پیوندهای کووالانسی و یونی است که میزان پیوندهای کووالانسی آن به حدود ٪۷۰ می‌رسد [۱] . ساختار کریستالی نیترید سیلیسیم به‌وسیله Hardie و Jack در سال ۱۹۵۷ و Turkdogan و همکارانش در سال ۱۹۵۸ مشخص شد [۲].

نیترید سیلیسیم دارای سه آلوتروپی α، β و γ است. آلوتروپی‌های α و β دارای ساختار هگزاگونال و آلوتروپی γ دارای ساختار مکعبی اسپینلی است. در ساختار مکعبی اسپینلی γ دو اتم سیلیسیم با عدد همسایگی ۶ در فضای هشت‌وجهی و یک اتم سیلیسیم با عدد همسایگی ۴ در فضای چهاروجهی قرار دارند. همچنین اتم‌های نیتروژن در مکان‌های FCC قرار می‌گیرند. در شکل (۱-۱) تصویری از ساختار کریستالی γ-Si_3N_4 نشان داده شده است. در این شکل توپ‌های سفید و سیاه به‌ترتیب نشان‌دهنده اتم‌های سیلیسیم و نیتروژن هستند [۲].

γ-Si_3N_4 در دمای بالای ۲۰۰۰K و فشار بالای ۱۵ GPa پایدار است [۲]. β-Si_3N_4 و α-Si_3N_4 معروف‌ترین فازهای نیترید سیلیسیم هستند. هر دو فاز از اتصال چهاروجهی‌های SiN_4 به یکدیگر ساخته شده‌اند. اتم‌های سیلیسیم و نیتروژن در β-Si_3N_4 به‌صورت لایه‌های ...ABAB و با فرمول پایه Si_6N_8 و در α-Si_3N_4 به‌صورت لایه‌های ...ABCDABCD و با فرمول پایه $Si_{12}N_{16}$ روی هم قرارگرفته‌اند [۳ و ۱]، به‌همین دلیل پارامتر c برای α دو برابر β است [۱].