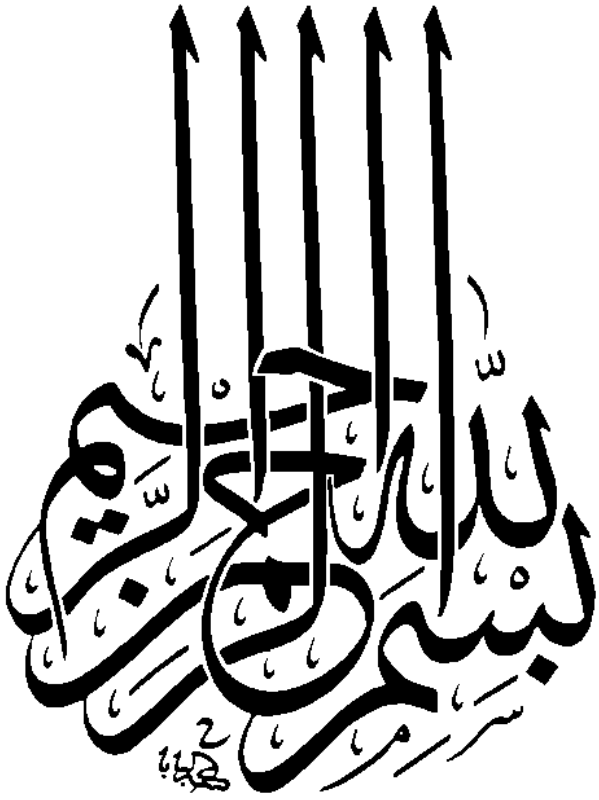

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

مدلسازی و شبیه سازی المان محدود انتقال حرارت در پارچه های حلقوی تاری

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی تکنولوژی نساجی

نوید نوری فعله‌کری

استاد راهنما:

دکتر محمد قانع

استاد مشاور:

دکتر سعید آجلی

۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

پایان نامه کارشناسی مهندسی نساجی تکنولوژی نساجی آقای نوید نوری فعله‌کری

تحت عنــوان

مدلسازی و شبیه سازی المان محدود انتقال حرارت در پارچه های حلقوی تاری

در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر محمد قانع
۲- استاد مشاور پایان نامه	دکتر سعید آجلی
۳- استاد داور	دکتر محمد ذره بینی
۴- استاد داور	دکتر حسین حسنی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده نساجی	دکتر مصطفی یوسفی

از پدر، مادر و برادر عزیز، دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت های همه جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان‌نامه درسی را به نحو احسن به اتمام برسانم؛ سپاسگزاری می‌نمایم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نو آوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

فهرست مطالب

عنـــوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هفت
فهرست اشکال ..... ده
چکیده ۱
فصل اول: مطالعات و تحقیقات
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- انواع روش های انتقال حرارت ۲
۱-۲-۱- رسانش ۲
۱-۲-۲- همرفت ۳
۱-۲-۳- تابش ٤
۱-۳- نرم افزار المان محدودآباکوس ٦
۱-۳-۱- مسائل چند فیزیک: شبیه سازی به صورت همزمان ٦
۱-۳-۲- حل به صورت همزمان آباکوس/CFD و آباکوس/Standard ۷
۱-۳-۳- آباکوس/CFD ۸
۱-۳-۴- آنالیز انتقال گرما ۹
۱-۳-۲- پارامتر های انالیز در آباکوس ۱۰
۱-۴- کار های انجام شده در رابطه با انتقال گرما پارچه های حلقوی ۱۳
۱-۴-۱- روش المان محدود برای مدل کردن انتقال حرارات در پارچه حلقوی ساده پنبه ای ۱۳
۱-۴-۲- هدایت گرمایی کامپوزیت های بافته شده با الیاف استحکام بالا ۱٤
۱-۴-۳- آنالیز تئوری خصوصیات گرمایی پارچه های عایق ۱۵
۱-۴-۴- پیشبینی هدایت گرمایی با استفاده از شبکه های عصبی ۱٦
۱-۵- کارهای انجام شده در رابطه با مدل سازی هندسی پارچه های حلقوی تاری ۱٦
۱-۵-۱-شبیه سازی سه بعدی پارچه های حلقوی تاری ۱٦
۱-۵-۳- شبیه سازی انتقال حرارت در پارچه حلقوی پودی ۱۸
۱-۶- ضرورت انجام پروژه ۱۹
فصل دوم: شبیه سازی
۲-۱- مقدمه ۲۰
۲-۲- پارامترهای شبیه سازی ۲۰
۲-۲-۱- نخ ۲۰

۲-۲-۲- شکل حلقه ۲۲
۲-۳- مدل سازی ۲۳
۲-۳-۱- وارد کردن مختصات هر رج ۲۳
۲-۳-۲- بدست آوردن خط تشکیل دهنده تار ۲۳
۲-۳-۳- حجم دادن به مدل با استفاده از دستور Sweep ۲٤
۲-۳-۴- تکمیل پارچه ۲٤
۲-۳-۵- اضافه کردن سیال به مساله ۲۵
۲-۳-۶- قرار دادن منبع گرمایی ۲٦
۲-۴- نسبت دادن خصوصیات ترمودینامیکی مورد نیاز به مدل ۲٦
۲-۳-۱- خصوصیات نخ ۲٦
۲-۳-۲- خصوصیات سیال ۲۷
۲-۳-۳- خصوصیات منبع گرمایی ۲۷
۲-۴- المان بندی مساله ۲۷
۲-۴-۱- پارچه ۲۷
۲-۵-۲- سیال ۲۸
۲-۶- اعمال شرایط اولیه و مرزی به مساله ۳۱
۲-۶-۱- شرایط اولیه ۳۱
۲-۶-۲- شرایط مرزی ۳۱
۲-۸- اعمال بار ۳۲
۲-۹- حل مساله ۳۲
۲-۱۰- مطالعه اندازه المان ۳۲
۲-۱۰-۱- روش انجام کار ۳۲
۲-۱۰-۲- راستی آزمایی ۳۳
۲-۱۱- مطالعه اندازه مدل ۳۵
۲-۱۱-۱- روش انجام کار ۳۵
۲-۱۱-۲- راستی آزمایی ۳۵
۲-۱۲- بررسی رفتار پارچه در شبیه سازی ۳٦
۲-۱۲-۱- مدل ها ۳٦
۲-۱۲-۲- مدل های با حلقه یکسان ۳٦
۲-۱۲-۳- بررسی ضریب انتقال حرارت با ثابت نگاه داشتن ترکم رج یا تراکم ردیف ٤۳

فصل سوم: تجربیات

۳-۱- وسایل استفاده شده برای آزمایش ٤٥
۳-۱-۱- دستگاه صفحه داغ ٤٥
۳-۱-۲- ویژه‌گی دستگاه ٤٧
۳-۱-۳- دماسنج غیر تماسی مادون قرمز ٤٧
۳-۱-۴- تفکیک پذیری ٥٠
۴-۱-۵- خطای شرایط محیطی بر اندازه‌گیری دما ٥١
۳-۱-۶- اندازه گیر شار گرمایی ٥١
۳-۲- نمونه ها ٥٢

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱-مقایسه نتایج آزمایش با شبیه سازی ٥٥
۴-۱-۱- نمونه ۱×۱ با تراکم پایین ٥٥
۴-۱-۲- نمونه ۱×۱ با تراکم بالا ٥٨
۴-۱-۳- نمونه ۱×۲ با تراکم پایین ٦٠
۴-۱-۴- نمونه ۱×۲ با تراکم بالا ٦٢
۴-۱-۵- نمونه ۱×۳ با تراکم پایین ٦٤
۴-۱-۶- نمونه ۱×۳ با تراکم بالا ٦٦
۴-۲- مقایسه ضریب انتقال حرارت برای تمامی پارچه ها ٦٨

فصل پنجم: نتیجهگیری کلی و پیشنهادها

۵-۱-نتیجه گیری ٦٩
۵-۲- پیشنهادها ٦٩
پیوست: برنامه نویسی ۶۹
مراجع ۹۳

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱ انتقال حرارت یک بعدی ۳
شکل ۱-۲ انواع انتقال حرارت از طریق جریان همرفت سیال ۳
شکل ۱-۳ انتقال گرما از طریق تابش ۵
شکل ۱-٤ تنش و کرنش کاهش یافته ۱۲
شکل ۱-۵ اندازهگیری دما در داخل و خارج نمونه توسط دستگاه تست جوراب ۱۳
شکل ۵-۷ فراخوانی کل مدل در ANSYS/Workbench ۱٤
شکل ۱-٦ مدل ارائه شده برای بدست آوردن خصوصیات حرارتی نخ ۱٤
شکل ۱-۷ دستگاه KES-F7 برای اندازه گیری هدایت گرمایی موثر ۱۵
شکل ۱-۸ مدل شماتیک از پارامتر های ورودی و خروجی برای یک شبکه گرمایی ۱۵
شکل ۱-۹مدل Goktepe ۱۷
شکل ۱-۱۰ نحوه بدست آوردن حلقه ایده ال ۱۷
شکل ۱-۱۱ مدلسازی کل پارچه با توجه به یک حلقه ایده ال ۱۸
شکل ۱-۱۲ ساختن مدل درون هوا ۱۸
شکل ۱-۱۳ قسمتی از نتایج حاصل از شبیه سازی ۱۹
شکل ۲-۱ تبدیل سطح مقطع نخ از حالت دایره به مربع ۲۱
شکل ۲-۲ در نظر گرفتن یک فیلامنت و هوای متناظر با آن برای بدست آوردن خصوصیت حرارت نخ ۲۱
شکل ۲-۳ تطبیق منحنی بدست آمده برای نیم حلقه با روی پارچه مدل ۲۲
شکل ۲-٤ نقاط بدست آمده برای تکرار و تهیه یک تار ۲۳
شکل ۲-۵ مجموعه نقاط یک تار به هم متصل شده اند ۲۳
شکل ۲-٦ حجم دادن به مسیر بر اساس قطر نخ ۲٤
شکل ۲-۷ نمونه پارچه تولید شده با طرح ۱×۲ ..... ۲۵
شکل ۲-۸ مدل در نظر گرفته شده برای سیال ۲۵
شکل ۲-۹منبع گرمایی قرار گرفته در پشت پارچه ۲٦
شکل ۲-۱۰ مدل پارچه و منبع گرمایی المان بندی شده ۲۸
شکل ۲-۱۱ پارچه درون سیال ۲۹
شکل ۲-۱۲ اندازه دانه گذاری با توجه به موقعیت پارچه در سیال ۳۰
شکل ۲-۱۳ نقاطی که فاکتور شکل آنها بسیار پایین است ۳۰
شکل ۲-۱٤ شرایط مرزی اعمال شده در مساله ۳۱
شکل ۲-۱۵ دمای زیرین و روی پارچه برای مدل با اندازه ۶×۶ با نسبت اندازه المان ۱ به ۱ ..... ۳۳
شکل ۲-۱٦ دمای زیرین و روی پارچه برای مدل با اندازه ۶×۶ با نسبت اندازه المان ۱ به ۲ ..... ۳۳

شکل ۲-۱۷ دمای زیرین و روی پارچه برای مدل با اندازه ۶×۶ با نسبت اندازه المان ۱ به ۳ ..... ۳٤
شکل ۲-۱۸ دمای زیرین و روی پارچه برای مدل با اندازه ۶×۶ با تمامی نسبت های اندازه المان ۳٤
جدول ۷-۱ بررسی حل پذیری با توجه به اندازه پارچه ۳۵
شکل ۲-۱۹ نمودار جواب مساله با توجه به اندازه پارچه نبست به تعداد ردیف و رج ۳٦
شکل ۲-۲۰ پشت و روی فنی برای پارچه با طرح بافت ۱×۲ با نخ کشی کامل ۳۷
شکل ۲-۲۱ دمای زیرین و روی پارچه با طرح بافت ۱×۲ با نخ کشی کامل ۳۸
شکل ۲-۲۲ توزیع دما در مدل پارچه ۱×۲ با نخ کشی کامل ۳۸
شکل ۲-۲۳ پشت و روی فنی برای پارچه با طرح بافت ۱×۲ با نخ کشی بخشی ۳۹
شکل ۲-۲٤ دمای زیرین و روی پارچه با طرح بافت ۱×۲ نخ کشی بخشی ٤۰
شکل ۲-۲۵ توزیع دما در مدل پارچه ۱×۲ با نخ کشی بخشی ٤۰
شکل ۲-۲٦ پشت و روی فنی پارچه با طرح بافت ۱×۱ ..... ٤۱
شکل ۲-۲۷ دمای زیرین و روی پارچه با طرح بافت ۱×۱ ..... ٤۲
شکل ۲-۲۸ توزیع دما در مدل پارچه ۱×۱ ..... ٤۲
جدول ۷-۲ نتایج بدست آمده برای تراکم های مختلف ٤۳
شکل ۲-۲۹ نمونه بافت های مدل شده برای تراکم های ذکر شده ٤٤
شکل ۲-۳۰ ضریب انتقال حرارت برای تراکم های مختلف ٤٤
شکل ۳-۱ بخش اول، صفحه‌ی داغ ٤۵
شکل ۳-۲ بخش دوم، قسمت کنترل‌کننده‌ی دمای روی صفحه‌ی داغ ٤٦
شکل ۳-۳ نمایی از دستگاه کامل شده با سرپوش آلومینیومی ٤۷
شکل ۳-٤ نمایی از سیستم اندازه‌گیری مادون قرمز ٤۸
شکل ۳-۵ نمایی از اشعه‌های جذب شده، منعکس شده و عبوری از یک جسم ٤۹
شکل ۳-٦ نحوه‌ی صحیح اندازه‌گیری دمای هدف ۵۰
شکل ۳-۷ نسبت D:S ۵۱
شکل ۳-۸ حسگر شار گرمایی OMEGA ۵۲
جدول ۳-۱ نتایج اندازهگیری ضخامت پارچه ۵۳
شکل ۳-۹ بررسی زاویه حلقه و مقدار b ۵٤
شکل ۳-۱۰ نمونه پارچه مدل شده ۵٤
شکل ٤-۱ آزمایش دمای سطح سرد پارچه ۱×۱ با تراکم پایین با دمای منبع ۴۰ درجه سانتیگراد ۵٦
شکل ٤-۲ شبیه سازی دمای سطح سرد پارچه ۱×۱ با تراکم پایین با منبع ۴۰ درجه ۵۷
شکل ٤-۳ انطباق شبیه سازی و آزمایش ۵۷
شکل ٤-٤ آزمایش دمای سطح سرد پارچه ۱×۱ با تراکم بالا با دمای منبع ۴۰ درجه سانتیگراد ۵۸

شکل ٤-٥ شبیه سازی دمای سطح سرد پارچه ۱×۱ با تراکم بالا با منبع ۴۰ درجه ۵۹
شکل ٤-٦ انطباق شبیه سازی و آزمایش ۵۹
شکل ٤-۷ آزمایش دمای سطح سرد پارچه ۱×۲ با تراکم پایین با دمای منبع ۴۰ درجه سانتیگراد ٦۰
شکل ٤-۸ شبیه سازی دمای سطح سرد پارچه ۱×۲ با تراکم پایین با منبع ۴۰ درجه ٦۱
شکل ٤-۹ انطباق شبیه سازی و آزمایش ٦۱
شکل ٤-۱۰ آزمایش دمای سطح پارچه ۱×۲ با تراکم بالا با دمای منبع ۴۰ درجه سانتیگراد ٦۲
شکل ٤-۱۱ شبیه سازی دمای سطح سرد پارچه ۱×۲ با تراکم پایین با منبع ۴۰ درجه ٦۳
شکل ٤-۱۲ انطباق شبیه سازی و آزمایش ٦۳
شکل ٤-۱۳ آزمایش دمای سطح سرد پارچه ۱×۳ با تراکم پایین با دمای منبع ۴۰ درجه سانتیگراد ٦٤
شکل ٤-١٤ شبیه سازی دمای سطح سرد پارچه ۱×۲ با تراکم پایین با منبع ۴۰ درجه ٦٥
شکل ٤-١٥ انطباق شبیه سازی و آزمایش ٦٥
شکل ٤-١٦ آزمایش دمای سطح سرد پارچه ۱×۳ با تراکم بالا با دمای منبع ۴۰ درجه سانتیگراد ٦٦
شکل ٤-۱۷ شبیه سازی دمای سطح سرد پارچه ۱×۲ با تراکم پایین با منبع ۴۰ درجه ٦۷
شکل ٤-۱۸ انطباق شبیه سازی و آزمایش ٦۷
شکل ٤-۱۹ مقایسه ضریب انتقال حرارت برای تمامی پارچه ها ٦۸

چکیده

نیاز روز افزون به انواع عایق های حرارتی برای جلوگیری از اتلاف انرژی گرمایی منجر به رشد این موضوع در مهندسی نساجی شده است. مهندسین با استفاده از پارچه ها توانسته اند انواع مواد مرکب عایق را تولید کنند. به خصوص پارچه های حلقوی در این زمینه توانسته اند میزان عایق بودن متاسبی را از خود نشان دهند. هدف این تحقیق بدست آوردن ثابت های مقاومت حرارتی در پارچه های حلقوی تاری با توجه به پارامتر های ساختار پارچه از جمله تراکم رج، تراکم ردیف و نوع نخ است. نحوه عملکرد شامل مدلسازی پارچه به صورت سه بعدی و بدست آوردن پارامتر های مقاومت حرارتی در نرم افزار المان محدود است. با توجه به اینکه روش شبیه سازی با در نظر گرفتن جریان سیال درون پارچه انجام می‌شود، دقت محاسباتی به علت دخیل نمودن شرایط واقعی بالا می‌رود. این مدلسازی با اطلاعاتی از قبیل نوع نخ و پارچه (که شکل حلقه را بیان می کند)، پارچه را به صورت سه بعدی مدل کرده و سپس شروع به شبیه سازی رفتار انتقال حرارت پارچه می کند. از مدل شبیه سازی اطلاعاتی از قبیل شار گرمایی، دمای روی پارچه و دمای زیرین پارچه بدست می‌آید. با استفاده از پارامتر های نخ و پارچه و روابط ترمودینامیکی می‌توان مقدار مقاومت حرارتی پارچه را محاسبه نمود. برای صحت شبیه سازی، نیاز به انجام آزمایش‌های انتقال حرارت در منسوجات است. برای این منظور نمونه های پارچه حلقوی تاری یک شانه در سه طرح بافت۱×۳، ۱×۲و ۱×۱ در دو تراکم رج کم و زیاد با نخ های فیلامنتی پلی استر با دستگاه کتن تولید شدند. در نهایت نمونه ها توسط دستگاه صفحه داغ مورد آزمایش قرار گرفتند. در این آزمون که دمای سطح سرد (بیرونی) توسط حسگرهای دما خوانده شده و سپس مقدار رسانش گرمایی برای این نمونه ها اندازه‌گیری شد. سپس پارچه در نرم افزار به روش المان محدود شبیه سازی شد و نتایج آن از قبیل رسانش گرمایی با نتایج عملی مقایسه شدند. مقدار خطا بین آزمایش‌ها و شبیه سازی حداکثر پنج درصد بود.

واژه های کلیدی: انتقال حرارت، ضریب انتقال حرارت، پارچه های حلقوی تاری یک شانه، روش المان محدود

فصل اول
مطالعات و تحقیقات

۱-۱- مقدمه

به بیان بسیار ساده انتقال حرارت، انتقال انرژی بر اثر اختلاف دماست. انتقال حرارت به جابجایی گرما به علت وجود اختلاف دما گفته می‌شود. در هرمجموعه نقاطی که اختلاف دما وجود داشته باشد باید پدیده انتقال حرارت صورت گیرد[۱]. به طور خلاصه می توان شیوه های انتقال حرارت را در سه دسته ی کلی جای داد:

- رسانش
- همرفت
- تابش

۱-۲- انواع روش های انتقال حرارت[۱]

۱-۲-۱- رسانش[۲]

رسانش به معنی جابجایی انرژی از جایی با انرژی بیشتر به جایی با انرژی کمتر است که با کمک تماس بین آن دو نقطه صورت می گیرد[۱].

این امکان وجود دارد که انتقال گرما را از طریق روابط شدت آن بیان نمود. رابطه (۱-۱) که به رابطه فوریه معروف است برای انتقال گرما در یک بعد با توزیع دمای $T(x)$ به کار برده می‌شود.

---

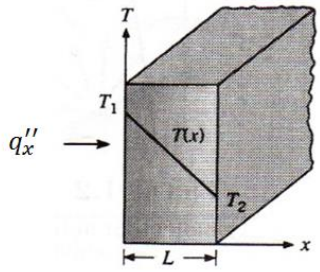
۱ Heat Transfer

۲ Conduction

$$q''_x = -k\frac{dT}{dx} \qquad (۱-۱)$$

در این رابطه شار گرمایی q''_x (بر حسب وات بر متر مربع) شدت انتقال گرما در جهت x بر حسب واحد طول است؛ که هم جهت با سوی انتقال گرما و هم جهت با عامل $\frac{dT}{dx}$ می‌باشد، ثابت k یک ویژگی از ماده به نام ضریب رسانش است (بر حسب وات بر متر بر درجه کلوین) که به ویژگی ماده بر می‌گردد. علامت منفی نشان دهنده این است که انتقال حرارت در جهت کاهش دما صورت می‌گیرد. در شرایط پایدار جایی که توزیع دما به صورت خطی است رابطه را می‌توان به صورت رابطه (۱-۲) خلاصه کرد. در شکل (۱-۱) آهنگ انتقال حرارت در یک بعد نمایش داده شده است.

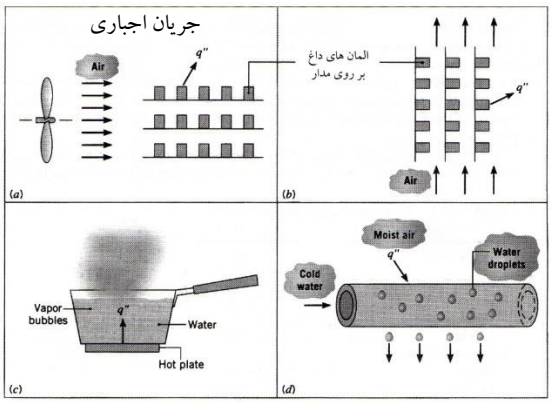
$$q''_x = k\frac{T_1 - T_2}{L} = k\frac{\Delta T}{L} \qquad (۱-۲)$$



شکل ۱-۱ انتقال حرارت یک بعدی [۱]

۱-۲-۲- همرفت[۱]

شیوه انتقال گرمای جابجایی از دو مکانیزم تشکیل می‌شود. علاوه بر انتقال انرژی ناشی از حرکت تصادفی مولکولی(رسانش)، انرژی بر اثر حرکت توده سیال نیز منتقل می‌شود. حرکت توده سیال در حضور اختلاف دما در سیال به وجود می‌آید. از آنجا که در انبوه مولکول ها حرکت تصادفی در مولکول ها حفظ شده و دسته عظیمی از آنها به صورت توده‌ای مقداری انرژی را جابجا می‌کنند، کل انتقال گرما ترکیبی از رسانش و حرکت توده سیال خواهد بود. معمولا از واژه همرفت برای این موضوع استفاده می‌شود[۱]. در شکل (۱-۲) پدیده های همرفت مشاهده می‌شود.



شکل ۱-۲ انواع انتقال حرارت از طریق جریان همرفت سیال[۱]

[۱] Convection

معادله آهنگ انتقال گرما برای این نوع به صورت زیر است.

$$q'' = h(T_s - T_\infty) \quad (۳-۱)$$

در این معادله q'' شار گرمایی بر حسب وات بر متر مربع، دمای T_s دمای روی سطح و T_∞ دمای سیال بر حسب کلوین است. این معادله قانون سرد شدن نیوتون نام دارد. ثابت h نیز ثابت انتقال حرارت همرفتی نام دارد؛ ثابت h با توجه به شرایط مرزی متفاوت خواهد بود. شرایط مرزی وابسته به هندسه سطح، حرکت سیال و روابط ترمودینامیکی حاکم است. هر گونه مطالعات بر روی انتقال حرارت همرفتی به محاسبات این ثابت وابسته است. در رابطه (۱-۳) در صورتی که q'' مقداری مثبت باشد مقدار گرمای مثبتی از سطح انتقال پیدا کرده و در صورتی که مقداری منفی باشد مقدار گرمای منفی از سطح انتقال پیدا کرده است، یا سطح مقداری گرما جذب کرده است.

۱-۲-۳- تابش[۱]

تابش، انرژی است که به علت دمای جسم، ساطع می‌شود. در این قسمت بیشتر به انرژی که بر اثر تابش از جسم صلب تابیده می‌شود تمرکز می‌شود؛ زیرا تابش ممکن است از سیال هایی نظیر هوا و مایع نیز صورت گیرد. این انرژی در اثر تغییر حالت الکترون ها صورت می‌گیرد و توسط موج های الکترومغناطیسی ساطع می‌شود [۱].

این نوع انتقال حرارت به وجود ماده برای انتقال انرژی نیازی ندارد و انرژی تابشی با شدت بیشتری در خلا انتقال پیدا می‌کند.

انرژی که توسط تابش انتقال پیدا می‌کند وابسته به دمای سطحی دارد که تشعشع از آن صورت می‌گیرد. شدت انرژی آزاد شده در واحد سطح قدرت تابش نام دارد و با حرف E بیان می‌شود. یک حد بالایی برای قدرت تابش وجود دارد که توسط قانون استفان بولتزمن توضیح داده شده است:

$$E_b = \sigma T_s^4 \quad (۴-۱)$$

در حالتی که T_s دمای مطلق بر حسب کلوین از سطح و σ ثابت استفان بولتزمن است. سطح نیز یک تابش‌گر ایده‌ال یا جسم سیاه است.

شار گرمایی برای یک سطح واقعی کمتر از این مقدار خواهد بود و با رابطه زیر نمایش داده می‌شود:

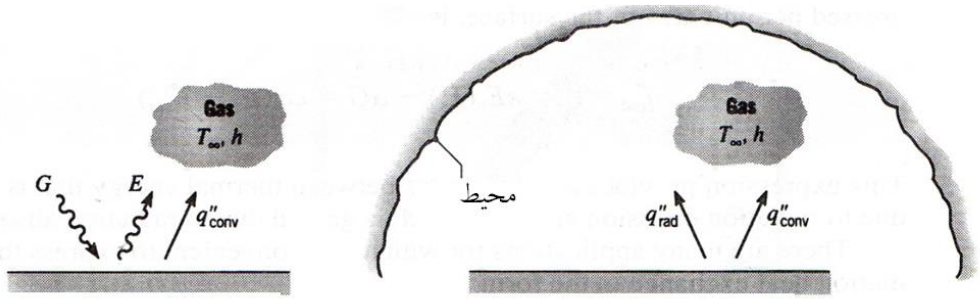
$$E_b = \varepsilon \sigma T_s^4 \quad (۵-۱)$$

این در حالتی است که ε ثابت تابشی سطحی است که در حال تابش می‌باشد. که از بین ۰ تا ۱ متغیر خواهد بود. این فاکتور بیانگر بازده سطح برای تابش انرژی است که به شدت به جنس سطح و تکمیل آن بستگی دارد.

شکل (۱-۳) انتقال گرما از طریق تابش را نمایش می‌دهد.

---

[۱] Radiation



ثابت تابش سطح ε
جذابیت α و دمای T_s

ثابت تابش سطح $\varepsilon = \alpha$
سطح A و دمای T_s

شکل ۱-۳ انتقال گرما از طریق تابش[۱]

تابش ممکن است از سطحی بسیار دور مانند سطح خورشید نیز صورت گیرد. انرژی تابیده شده به یک سطح ممکن است کاملا جذب شده یا اینکه مقداری از آن هدر رود که منجر به وجود آمدن عامل جدیدی در ماده به نام جذابیت ماده می‌شود:

$$G_{abs} = \alpha G \qquad (۶-۱)$$

که در آن α بین ۰ تا یک است اگر α برابر با یک باشد سطح مات نام دارد و تمام تابش باز می‌گردد. توجه داشته باشید که مقدار α به ذات بازتاب کننده ماده بر می‌گردد. به عنوان مثال بازتاب سطح از نور خورشید با باز تاب سطح از سطح یک لامپ متفاوت خواهد بود. حالت خاصی که اغلب روی می‌دهد تبادل تشعشع بین سطح کوچکی با دمای T_s و سطح خیلی بزرگتر تک دمایی است که سطح کوچک را فرا گرفته است با دمای T_{sur}، در چنین حالت میتوان شار تشعشعی ورودی را با شار جسم سیاهی با دمای T_{sur} را با رابطه $G = \alpha T_{sur}^4$ نمایش داد. اگر سطح طوری باشد که در آن $\alpha = \varepsilon$ آهنگ خالص انتقال گرما تشعشعی در واحد سطح برابر است با :

$$q''_{rad} = \frac{q}{A} = \varepsilon E_{b(T_s)} - \alpha G = \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_{sur}^4) \qquad (۷-۱)$$

انتقال گرما در منسوجات از طریق هر سه نوع رسانش، تابش، همرفت صورت می‌گیرد. حجم قابل توجهی از منسوجات را هوا اشغال کرده است که بخش عمده آن به صورت محبوس است. هوا نسبت به الیاف تشکیل دهنده منسوج از عایق بودن بیشتری برخوردار هستند که همین موضوع منجر می‌شود منسوجات به عنوان عایق خوبی به کار برده شوند. از طرف دیگر قسمتی از منسوجات که دارای تخلخل است امکان ایجاد پدیده همرفت را برای هوا فراهم می‌کند. این مجموع از عوامل سبب شده که هر سه نوع انتقال گرما در منسوجات وجود داشته باشد.

واضح است که خصوصیات حرارتی مواد لیفی به موارد زیر وابسته است:

- خصوصیات گرمایی هوا و لیف؛
- نسبت حجمی هوا؛
- آرایش یافتگی و توزیع جرمی و ظرافت الیاف.

انتقال گرما از مواد عایق با میزان تخلخل بالا ترکیبی از رسانش و همرفت می‌باشد. انتقال گرما از طریق همرفت درعایق های لیفی با دانسیته بزرگتر از ۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب وجود ندارد، زیرا الیاف، گاز درون نقاط متخلخل ریز خود را به دام انداخته و از حرکت آن جلوگیری می کنند.

رسانش در پارچه‌ها رسانش از طریق گاز و جامد می‌باشد، هنگامی که دانسیته ماده عایق افزایش می‌یابد رسانش از طریق جامد نیز افزایش می‌یابد، رسانش از طریق فاز جامد در نمونه‌های با تخلخل بسیار بالا قابل چشم‌پوشی است. با افزایش دما انتقال گرما به دو قسمت انتقال از طریق گاز و تشعشع محدود می‌شود.

مدل سازی انتقال گرما از موادعایق لیفی با استفاده از اندازه‌گیری هدایت گرمایی باید تحت شرایط ثابت صورت گیرد.

۱-۳- نرم افزار المان محدودآباکوس

نرم افزار المان محدود آباکوس قادر به بررسی و حل انواع مسائل و دارای حل‌گر ها و قسمت های مختلف زیر است[۲]:

- آباکوسStandard/:حل مسائل کلی به روش ضمنی المان محدود؛
- آباکوسExplicit/: حل مسائل المان محدود به روش صریح؛
- آباکوسCFD/: حل دینامیک جریان سیال ؛
- آباکوسCAE/: محیط کاربری پیش پردازش و پس پردازش مدل ها؛
- آباکوسViewer/: قسمتی از آباکوسCAE/ که تنها برای پس پردازش و استخراج نتایج مدل به کار می-رود.

۱-۳-۱- مسائل چند فیزیک: شبیه سازی به صورت همزمان[۱]

شبیه سازی مسائل به صورت همزمان حالتی از حل مساله توسط یک یا چند نرم افزار المان محدود است؛ به عنوان مثال مسائل مربوط به برهمکنش سیال و جامد[۲] را می‌توان به کمک حل گر هایآباکوسStandard/ وآباکوسCFD/ به صورت همزمان حل کرد. روش مورد استفاده در تحقیق ارایه شده کوپل باز[۳] می‌باشد[۲].

---

[۱] Co-Execution

[۲] Fluid-Structure Interaction

[۳] Loose Couple

از جمله امکانات شبیه سازی همزمان:

- امکان حل مسائل پیچیده سیالات با اتصال به یک نرم افزار CFD که شامل آباکوسCFD/ نیز میباشد
- امکان حل مسائل انتقال گرما با جفت کردن آباکوسStandard/ و آباکوسCFD/
- امکان حل انالیز های پیچیده با اتصال به یک نرم افزار حل گر صریح مانند آباکوسExplicit/
- امکان حل مسائل چند رفتاری با اتصال به بقیه نرم افزار ها
- امکان حل مسائل با کمک کد های دست نویسی شده با کمک MpCCI
- امکان استفاده برای مدل های مختلف با جواب های خطی و غیر خطی
- پشتیبانی از مسائلی از قبیل پایدار[۱] وگذرا[۲]

در حل به صورت همزمان بر هم کنش بین قسمت های مختلف در منطق رابط فیزیکی که بین نرم افزار آباکوس و بقیه حل گر ها وجود دارد، انجام می‌شود. برهم کنش های یک قسمت بر روی بقیه قسمت ها می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- رفتار مرکب مانند تنش تسلیم در رابطه با دما، یا تنش در رابطه با بقیه عوامل مکان مانند پایداری حرارتی و یا پدیده پیزوالکتریک
- شار و ویژگی‌های سطح مانند اعمال فشار بر روی یک سازه توسط سیال؛
- نیرو های بدنه مانند ایجاد گرما به دلیل شار جریان الکتریک در حل همزمان دما-الکتریک؛
- نیرو های تماسی مانند نیرو های بین یک وسیله و سرنشین آن که به عنوان دو قسمت مجزا مدل؛
- سینماتیکی مانند برخورد سیال با یک سازه که تنها از معادلات جریان سیال؛

آباکوس از دو روش برای برقراری ارتباط بین حل گر ها استفاده می‌کند:

- استفاده از روش های حل همزمان SIMULIA؛
- استفاده از MpCCI که به عنوان نرم افزار جانبی که برای حل کردن مسائل چند رفتاری به کار می‌رود.

حل به صورت همزمان برای مسائلی به کار می‌رود که در هر یک از قسمت ها که توسط یکی از حل‌گرها کنترل می‌شود فیزیک پیچیده وجود داشته باشد.

۱-۳-۲- حل به صورت همزمان آباکوس/CFD یا آباکوس/Standard

این قسمت در رابطه با حل به صورت همزمان با حل گرهای آباکوس/CFD با آباکوس/Standard و یا آباکوس/Explicit در مورد بر هم کنش جریان سیال و مسائل انتقال گرما بحث می‌کند. علاوه بر تعریف کردن نوع مسائل در نرم افزار و ساختن مدل متناسب با این نوع حل گر اقدامات دیگری نیز لازم است. پارامتر های کنترلی شبیه‌سازی از جمله حل به صورت همزمان در یک مکان را تعریف می‌کند نیاز است تا اقدامات مورد نیاز برای حل به اتمام برسد. برای انتقال گرما تنها میتوان از جفت حل‌گر آباکوس/CFD با آباکوس/Standard استفاده نمود [۲].

---

[۱] Steady-State

[۲] Transient

پارامتر های کنترلی برای بررسی و تطبیق حل‌گر ها و تناسب انتقال داده بین دو حل گر استفاده می‌شود. این پارامترها به طور خودکار توسط آباکوس/CAE تنظیم می‌شوند.

از الگوریتم گوس- سایدل[۱]برای جفت کردن هر دو حل گر استفاده می‌شود. که تنها الگوریتم برای حل به صورت همزمان این دو حل‌گر است. در شرایط کلی آباکوس/CFD حل را انجام داده و آباکوس/Standard یا آباکوس/Explicit حل را ادامه می‌دهند. هیچگونه زمان بندی خاصی برای تعیین پارامتر های زمانی وجود ندارد و کوچکترین پارامتر برای پله های حل به عنوان یک پله برای باقی حل‌گر ها انتخاب می‌شود.

اهداف زمانی برای آباکوس از طریق دقیق یا تقریبی به دست می‌آیند. به صورت کلیآباکوس داده را به صورت دقیق جابجا می‌کند و در نقاطیآباکوس زمان را به صورت لحظه‌ای کم میکند تا به زمان مورد نظر برسد. در حین چرخه هایآباکوس در صورتی که به زمانی غیر مشابه با زمان مورد نظر برسد. زمان مورد نظر t و زمان دیر رسیدن Δt می‌باشد.

$$t + \frac{\Delta t}{2} \geq t_{i+1} \qquad (۸-۱)$$

مهلت زمان حل بر حسب ثانیه پارامتریست که هر حل‌گر منتظر می‌ماند تا از جفت حل‌گر خود پیغام مورد نظر را برای ادامه حل دریافت کند. مقدار پیشفرض آن ۱۰ دقیقه است که در حین ارسال حل در آباکوس/CAE و ۶۰ دقیقه زمانی که از طریق دستور[۲]ارسال می‌شود تنظیم می‌شود.

اما در کل زمان بسیار بالا برای مهلت دادن به حل یکی از آنها می‌تواند منجر به مشکلاتی شود. زیرا در مسائلی که یکی از حل گر ها حل را متوقف می‌کند، حل گر دیگری زمان زیادی را منتظر می‌ماند تا مهلت داده شده به اتمام برسد و حل کاملا متوقف شود.

۱-۳-۳- آباکوس/CFD

آباکوس/CFD قادر به حل انواع جریان سیال غیر قابل تراکم زیر می‌باشد:

- آرام و آشفته: جریان های داخلی یا خارجی از سیال که در حالت های پایدار یا گذرا وجود دارند، و در بازه وسیع عدد رینولدز قرار دارند، و شامل هندسه ی پیچیده هستند را میتوان با آباکوس/CFD حل نمود [۲].
- جابجایی حرارت همرفتی: مسائلی که شامل انتقال گرما شده و نیاز به معادلات انرژی دارند که ممکن است شامل جریان های بویانسی شود (به عنوان مثال همرفت های طبیعی) را میتوان با کمک آباکوس/CFD حل کرد؛ که شامل انتقال گرمای جریان آشفته برای عدد پرانتل می‌شود.
- مش تغییر شکل پذیر: آباکوس/CFD شامل قدرت حل مسائل مربوط به المان تغییر شکل پذیر با استفاده از معادلات حرکت حالت ترکیبی لاگرانژی اویلری(Arbitrary Lagrangian Eulerian) ، انتقال گرما، انتقال توسط جریان آشفته می‌باشد. مسائل المان تغییر شکل پذیر می‌توانند شامل شرایط مرزی جابجایی که شامل جریان سیال برای مسائل FSI که شرایط مرزی جابجایی تقریبی، مستقل از جریان سیال است، شوند.

---

[۱] Guess-Seidel

[۲] Command-Line

در آباکوس/CFD سطوح فعال (درجه های آزادی) توسط روند های حل مشخص می‌شود، مانند مدلهای توربولانت و معادلات انتقال کمکی. به عنوان مثال استفاده از معادلات انرژی در رویه تراکم ناپذیر سیال، درجه های آزادی مربوط به سرعت، فشار، دما را فعال می کند.

۱-۳-٤- آنالیز انتقال گرما

آنالیز های انتقال گرما برای مدل کردن رسانش گرمایی در یک سازه به صورت کلی، رسانش وابسته به دما، انرژی درونی (شامل گرمای نهان) و حالت کلی از همرفت و تابش می‌باشد، از جمله تابش جسم سیاه[۲].

- علل غیر خطی شدن تغییرات انتقال حرارت

مسائل انتقال گرما می‌توانند به علت ساختار ماده و وابستگی دمایی آنها یا به علت شرایط مرزی غیر خطی، غیر خطی باشند. معمولا به علت اینکه خواص ماده برای مواد وابسته به دما به صورت سریع تغییر نمی کند غیر خطی سازی آن کاربرد زیادی دارد. اما زمانی که اثر گرمای نهان اضافه می‌شود انالیز می‌تواند به شدت غیر خطی شود.

شرایط مرزی به کار رفته معمولا غیر خطی هستند. مثلا ضرایب آنها می‌توانند تابعی از دمای سطح باشند. در این حالت نیز اثر غیر خطی بسیار کم بوده و مشکلات کمی ایجاد می کند. به عنوان مثال شرایط مرزی در حل جوش که می‌تواند بسیار سریع تغییر کند زیرا که سیال بر روی مرز در حل جوش است. تغییر حالت سریع در شرایط در یک مرحله یا بین دو مرحله متوالی را میتوان به راحتی توسط شرایط وابسته به دما یا وابسته به شرایط مرزی تعریف کرد. تابش نیز معمولا این مسائل را غیر خطی می کند. غیر خطی بودن این مسائل با افزایش دما بیشتر می‌شود.

حل گر آباکوس/Standard از روش تکرار شونده برای حل مسائل غیر خطی استفاده می کند. از روش نیوتن با کمی تغییر استفاده شده است تا پایداری تکرار حل با وجود گرمای نهان افزایش یابد.

مسائل پایدار که شامل قسمت های زیاد غیر خطی هستند در شرایط خاص به دلیل تاثیر ظرفیت گرمایی از روش مسائل گذرا حل می‌شوند. حل پایدار از جواب زمان طولانی از حل گذرا دریافت می‌شود. گذرا کردن مساله سبب پایداری حل در این باز زمانی طولانی می‌شود.

در مسائل انتقال گرما که شامل تابش یا مسائل مربوط به المان های انتشار اجباری همرفت می‌باشد، ماتریس معادلات غیر سیمتریک است. که سبب انتخاب یکی از روش های حل زیر می‌شود:

- آنالیز های حالت پایدار

آنالیز های حالت پایدار به این معنی هستند که پارامتر انرژی درونی (گرمای ویژه) که حاکم بر روابط مربوط به انتقال گرما است حذف شده، در این حالت مساله دیگر معنای فیزیکی برای زمان ندارد. اما هنوز میتوان پله زمانی حل را در ابتدا مساله برای آن تعریف نمود. مقدار زمان کل و کمترین و بیشترین زمان پله برای حل مساله قابل تنظیم است که برای مقدار دما های اولیه و مقدار های شار مختلف در نقاط و شرایط مرزی مختلف انتخاب می‌شود.