

در ادامه مباحث آموزش COMSOL مساله ای دیگر را پیش خواهیم برد و البته توضیحات اضافی لازم را نیز خواهیم آورد.

مثال دوم مبدل پوسته و لوله

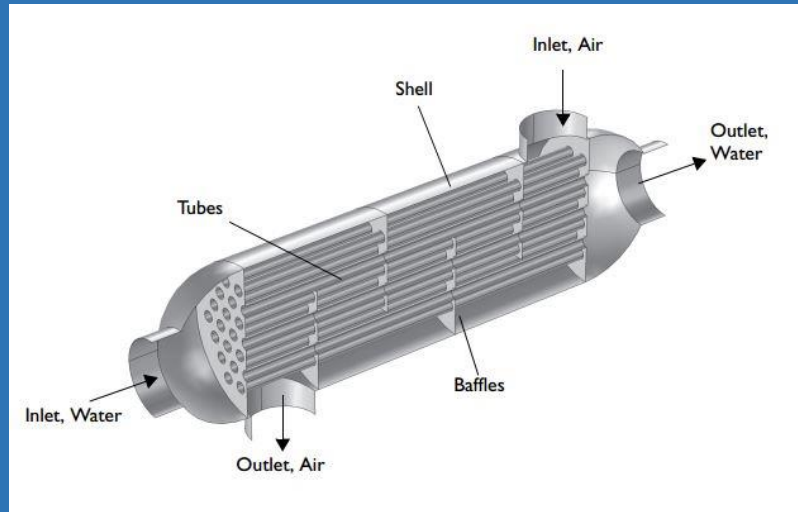
در این قسمت با توضیح و معرفی مبدل های پوسته-لوله به شبیه سازی آن ها با استفاده از نرم افزار COMSOL پرداخته خواهد شد همچنین معادلات دیفرانسیل استفاده شده در مدل معرفی خواهند شد و توضیحاتی در ارتباط با شرایط مرزی داده خواهد شد و در نهایت پس از حل در مرحله پساپردازی داده ها، به استخراج داده های مورد نیاز در قالب نمودار و غیره پرداخته خواهد شد

معرفی

مبدل های پوسته-لوله یکی از پرکاربردترین انواع مبدل های حرارتی در صنایع فرایندی مانند نیروگاه های هسته ای، پالایشگاه های نفت و سایر فرایندهای شیمیایی بزرگ مقیاس می باشند. در این مدل، دو سیال متفاوت در دو دمای مختلف در مبدل جریان می یابند: یکی از سیالات در لوله و سیال دیگر در سمت پوسته. پارامترهای طراحی مختلف و شرایط عملیاتی، عملکرد بهینه مبدل پوسته-لوله را تحت تاثیر قرار می دهد.

تعریف مدل

هندسره مورد نظر در شکل ۱ نشان داده شده است. مبدل حرارتی از جنس استیل می باشد. سیالی که در لوله جریان دارد آب و سیالی که در پوسته جریان دارد هوا می باشد. هر دوی این سیالات دارای دماهای ورودی متفاوت می باشند درحالی که پس از جریان یافتن در پوسته و لوله سیالات به یک دمای تعادل نزدیک می شوند. بافل های استفاده شده باعث ایجاد جریانات عرضی در هوا و افزایش سطح مبدل می شوند. مزیت دیگر استفاده از بافل ها کاهش لرزش های ناشی از حرکت سیال می باشد.



شکل (۱) هندسه مربوط به مبدل پوسته و لوله

این مدل از فیزیک جریان غیرهم دما به همراه مدل آشفتگی k-ε استفاده خواهد کرد. با توجه به تقارن موجود در مدل می توان تنها نصف مبدل را شبیه سازی کرد که باعث کاهش اندازه مدل و محاسبات خواهد شد.

توضیحاتی در ارتباط با شرایط مرزی

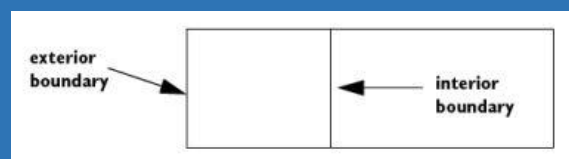
در نرم افزار COMSOL در حالتی که قصد حل معادلات انرژی و انتقال حرارت نیز وجود دارد اگر برای مرزها (صفحات در حالت سه بعدی) شرط مرزی تعریف نشود به صورت پیش فرض برای آن مرزها شرط مرزی عایق در نظر گرفته می شود.

انواع مختلفی از مرزها برای سطح مشترک فیزیک ها وجود دارد که شرایط مرزی مختلف را تحت پوشش قرار می دهد:

مرزهای خارجی؛ که شامل مرزهای خارجی فضای حل می باشند.

مرزهای داخلی؛ که شامل سطوح جداکننده بین دو ناحیه در یک هندسه می باشند.

مرزهای متقارن محوری؛ مرزهای مصنوعی هستند که محور تقارن را در مدل های متقارن محوری بیان می کنند.



شکل (۲) مثال هایی از مرزهای داخلی و خارجی

برای جریان سیال نیز شرایط مرزی مختلفی را در سطوح و دیواره ها می توان اعمال کرد که از آن جمله می توان به شرط مرزی عدم لغزش (که حالت پیش فرض نرم افزار می باشد و برای جریان آرام در دسترس می باشد)؛ توابع دیواره (که حالت پیش فرض نرم افزار برای جریان آشفته می باشد)؛ لغزش؛ دیواره متحرک؛ و غیره.

شرط مرزی عدم لغزش: شرط مرزی پیش فرض برای دیواره های جامد ساکن می باشد که در هر دو سمت مرز شرط $u=0$ را اعمال می کند که نشان گر این است که سیال در دیواره حرکت نمی کند.

شرط مرزی توابع دیواره: توابع دیواره را برای دیواره های جامد در جریان آشفته اعمال می کند. توابع دیواره برای مدل کردن ناحیه ای نازک با گرادیان های بالا در متغیرهای جریان نزدیک دیواره به کار می رود.

در این مساله دیواره داخلی برای جریان سیال، سیالات را از یکدیگر جدا می کند و همچنین برای مدل کردن بافل ها نیز به کار می رود. در هر دو سمت توابع دیواره؛ برای شبیه سازی دیواره ها با مدل آشفتگی $k-\epsilon$ به کار می رود.

برای در نظر گرفتن فلاکس حرارت در پوسته شرط مرزی لایه با رسانش بالا به کار گرفته شده است معادله مربوط به این شرط مرزی در زیر آورده شده است

$$-\mathbf{n} \cdot (-k \nabla T) = -\nabla_{\xi} \cdot (-d_s k_s \nabla_{\xi} T)$$

که در این معادله ∇_{ξ} مشتق مماسی، d_s ضخامت لایه و k_s ضریب انتقال حرارت رسانش برای پوسته می باشد.

آب با سرعت و دمای وارد لوله می شود همچنین هوا نیز با سرعت و دمای از سمت پوسته وارد می شود در هر دوی ورودی ها مقدار پیشنهادی برای مقیاس طول آشفتگی می باشد که در آن شعاع کانال است برای ورودی آب این شعاع برابر و برای ورودی هوا می باشد.

همان طور که در مطالب بخش های قبل مشاهده کردید این نرم افزار قابلیت رسم هندسه و مش بندی و حل را دارا بوده و نیازی به استفاده از نرم افزار های طراحی و مش زنی دیگر نمی باشد. اما در مواردی که با هندسه های پیچیده مواجه هستید می توانید از نرم افزارهای مختص طراحی مانند solid works، catia و غیره استفاده کنید به این صورت که هندسه مورد نظرتان را در یکی از این نرم افزار ها رسم و بافرمت هایی مانند STEP و غیره ذخیره و وارد نرم افزار COMSOL کنید.

مثالی که در این بخش برای حل در نظر گرفته شده است یکی از مثال های کتابخانه نرم افزار 5 COMSO می باشد که در این مثال مراحل رسم هندسه را ذکر نکرده و از این کتابخانه استفاده خواهیم کرد

برای شروع کار همانند سابق نرم افزار 5 COMSOL را بارگذاری می کنیم

در این مثال قصد داریم از کتابخانه آماده نرم افزار استفاده کنیم که بدین منظور فایل shell_and_tube_heat_exchanger_geom.mph که شامل هندسه مبدل حرارتی و فیزیک های انتخاب شده مساله می باشد را بارگذاری می کنیم (این فایل را می توانید پس از نصب نرم افزار در یکی از درایور های سیستم خود با مراجعه به محل نصب و باز کردن پوشه comsol و سپس پوشه models بارگذاری کنید)

۱. از منو File, گزینه Open را انتخاب کنید

۲. از فولدر کتابخانه مدل ها با دوبر کلیک کردن shell_and_tube_heat_exchanger_geom.mph را انتخاب کنید

اضافه کردن مواد

۱. از نوار ابزار Model, با کلیک روی Add Material پنجره مربوط به آن را باز کنید

۲. بر روی پنجره Add Materia بروید

۳. از بانک اطلاعاتی خود نرم افزار که مواد متنوعی را شامل می شود از شاخه Built-In هوا (air) را انتخاب کنید