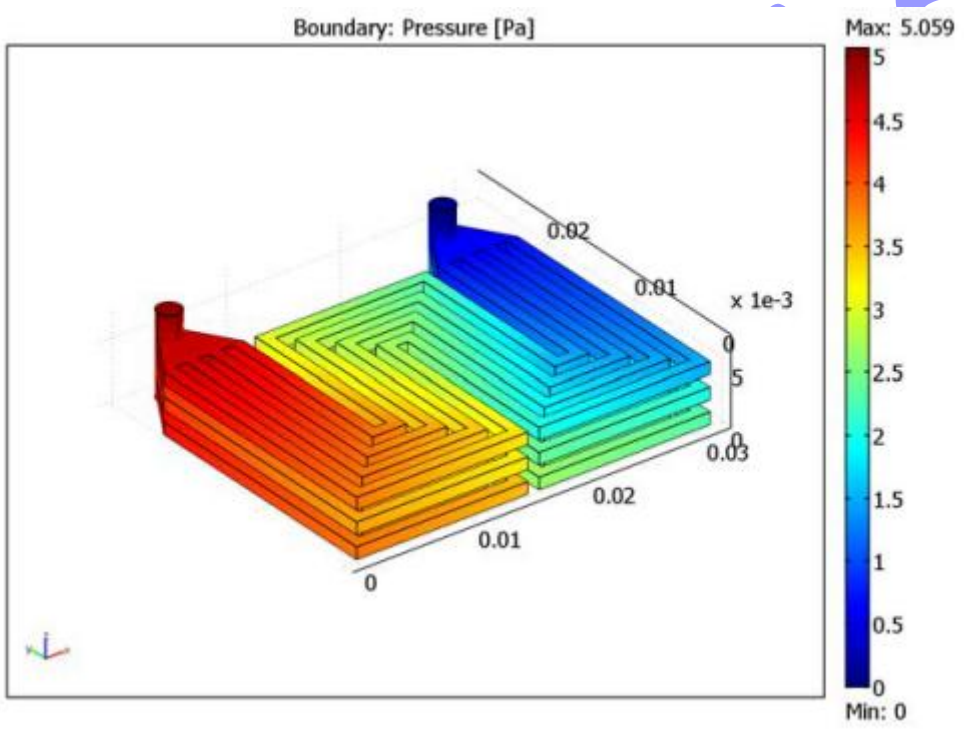
www.novin-eng.ir

آموزش کامل شبیه سازی جریان سیال در یک استک پیل سوختی با استفاده از نرم افزار کامسول

به زبان فارسی



www.novin-eng.ir

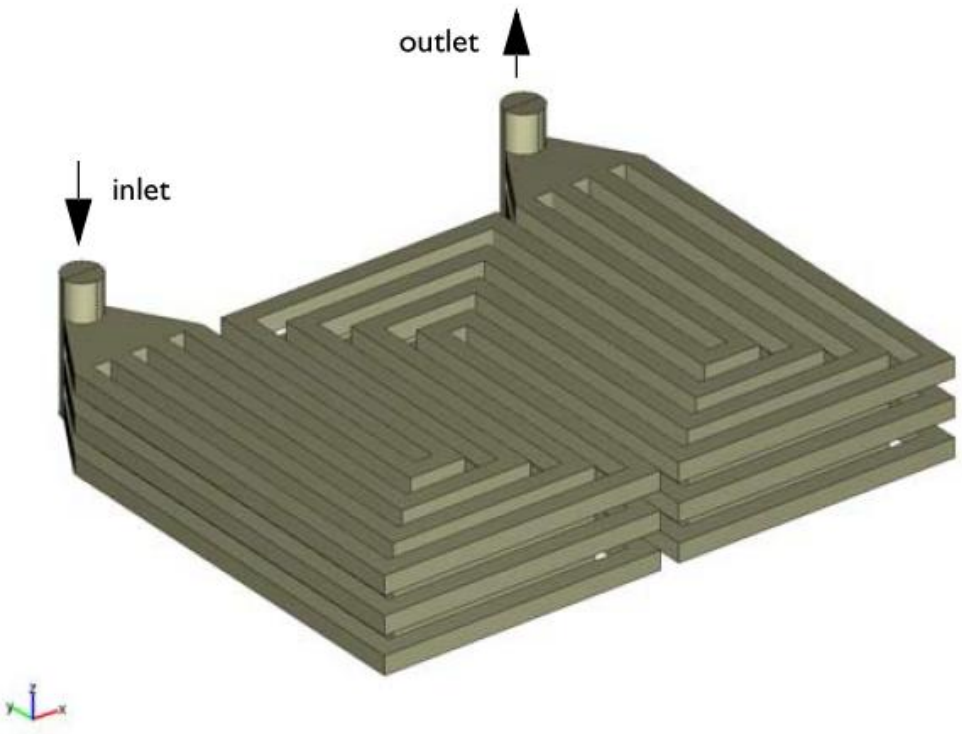
مقدمه

یک پارامتر بهینه سازی کلیدی در یک پیل سوختی طراحی ورودی ها و خروجی ها و کانال های محصولات و واکنش دهنده هاست. یک طراحی خوب نیاز دارد که الکترودها به خوبی با واکنش دهنده ها تغذیه شوند و محصولات آنها با بیشترین سرعت ممکن تخلیه و حذف شوند. طراحی بهینه تر و مطلوبتر برای طراحی یک پیل سوختی خوب این است که تا حد ممکن پیل سوختی فشرده تر و کمپکت تر باشد. این قضیه سبب صرفه جویی در مصرف ماده میگردد و به طور همزمان به پیل سوختی اجازه میدهد تا در فضاهای کوچک جای بگیرند (مانند داخل خودرو).

یک پارامتر مهم برای تصمیم گیری در مورد خوب یا بد بودن طراحی، مشخصه های جریان سیال تغذیه به درون استک پیل سوختی است. این آموزش با کانال های گاز در سمت هوای سه عدد صفحه دو قطبی، سرو کار دارد.کانال ها در این صفحات از طریق دریچه های استوانه ای برای ورودی و خروجی به هم متصل هستند. این مدل معادلات ناویر استوکس را حل میکند.

تعریف مدل

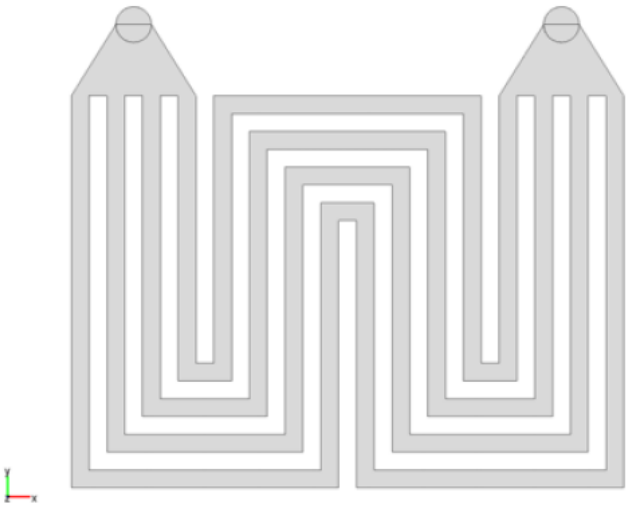
شکل زیر یک نمای سه بعدی از مدل را ارائه میدهد.



www.novin-eng.ir

شکل۱: نمای سه بعدی از مدل. در این مدل ۱۶ کانال مجزا که به وسیله الکترودها و غشاها که در راستای z واقع شده اند از هم مجزا شده است. جمع کننده جریان در صفحه xy است.

شکل ۲ نمای بالای مدل را نشان میدهد. جریان از طریق کانال های خاکستری رنگ عبور میکند.



شکل۲: نمای بالای مدل را نشان میدهد. جریان از طریق کانال های خاکستری رنگ عبور میکند.

معادلات دامنه

جریان سیال به وسیله معادلات ناویر استوکس شرح داده شده است.

$$\rho\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} - \nabla \cdot \eta(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla)\mathbf{u} + \nabla p = 0 \qquad (۱)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

که ρ دانسیته سیال (Kg/m3) است و $\mathbf{u}$ سرعت (m/s) و η ویسکوزیته سیال است (Pa.s)، p فشار است (Pa). سیال مدل شده گاز با ویسکوزیته 10^{-5} Pa.s و چگالی $1\ kg/m^3$ هستند.

$$\rho\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} - \nabla \cdot \eta(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) + \rho \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} + \nabla p = 0 \qquad (۲)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

شرایط مرزی در ورودی و خروجی هردو به صورت فشار ثابت قرار شده است و این شرط مرزی فشار را ثابت قرار میدهد و فرض میکند که تنش های ویسکوز در مرزها صفر است.

(۳)

$$p = p_0$$

$$\mathbf{n} \cdot [\eta(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)] = 0 \quad (۴)$$

فشار p0 در خروجی برابر با صفر قرار داده شده است و در ورودی برابر با total Pressure drop قرار داده شده است.

شرایط مرزی سرعت در مرزهای دیگر، شرط عدم لغزش را میپذیرد:

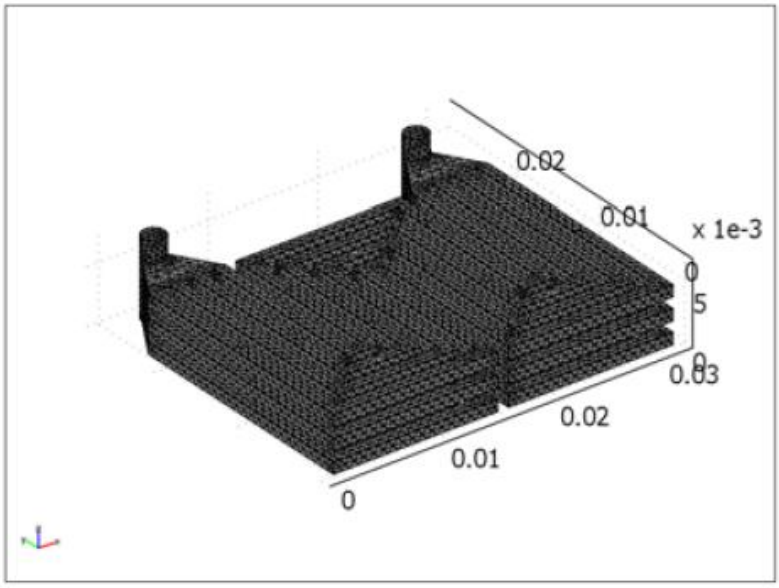
$$\mathbf{u} = \mathbf{0} \quad (۵)$$

حلگر و شبکه محاسباتی (مش)

این مدل از یک حلگر تکراری FGMRES با یک پریکاندیشنر هندسی چند شبکه ای استفاده میکند، که مصرف حافظه مورد نیاز را به طور قابل توجهی کاهش میدهد. این حلگر از چندین مش استفاده میکند: یک مش پایه و یک یا چند مش بزرگتر. این حلگر به صورت پیشفرض به گونه ای تنظیم شده است که به طور اتوماتیک مش های بزرگتر را تولید میکند، هر چند که در این مدل این کار به صورت دستی انجام میشود.

برای مش پایه زمانی که برای سرعت از توابع مرتبه دوم استفاده میکنیم مناسب تر است که عرض کانال را با دو یا سه المان حل کنیم. این به این دلیل است که ابعاد کانال کوچک هستند و سرعت ها به طور قابل ملاحظه مقدار کمی دارند. مش پایه که در این مدل مورد استفاده قرار گرفته است حدود 31400 المان با تقریبا 220000 درجه آزادی است. مش بزرگتر از همین تعداد المان استفاده میکند اما المان های آن از مرتبه اول هستند. که این قضیه منتج به 49000 درجه آزدی میگردد. شکل ۳ تصویری از مش را نشان میدهد.

novin-eng.ir



شکل ۳: مش محاسباتی

مدلسازی با استفاده از رابط گرافیکی (GUI)

MODEL NAVIGATOR

۱ نرم افزار **COMSOL Multiphysics** را اجرا کنید.

۲ در **Model Navigator**، **Space dimension** را بر روی **3D** را تنظیم کنید.

۳ از لیست حالت های برنامه

Engineering Module> Momentum Transport>Laminar Flow>Incompressible Navier-Stokes> Steady-state analysis.

را انتخاب کنید.

۴ بر روی **OK** کلیک کنید.

novin-eng.ir

www.novin-eng.ir

گزینه ها و تنظیمات

۱ از منوی Options کادر Constants راباز کنید.

۲ ثوابت را از جدول زیر وارد کنید، زمانی که انجام شد بر روی OK کلیک کنید.

NAME	EXPRESSION
rho	1
eta	1e-5
p0	5

مدلسازی هندسه

رسم هندسه را با رسم مقطع عرضی کانال های جریان در یک صفحه دوبعدی آغاز کنید.

۱ از منوی Draw، Work-Plane Settings را انتخاب کنید.

۲ به مقادیر پیش فرض را در کادر محاوره ای دست نزنید و بر روی OK کلیک کنید.

در صفحه کاری دو بعدی تنظیمات محور و شبکه مناسب را انجام دهید.

۳ در منوی Options ، Axes/Grid Settings را انتخاب کنید.

۴ بر روی صفحه Axis، x-y limitis را مطابق با جدول زیر وارد کنید:

PROPERTY	EXPRESSION
x min	-0.005
x max	0.035
y min	-0.005
y max	0.028

۵ به صفحه Grid بروید و چک باکس Auto را پاک کنید (از حالت انتخاب خارج کنید).

۶ مطابق با جدول زیر x-y grid را تعیین کنید:

novin-eng.ir

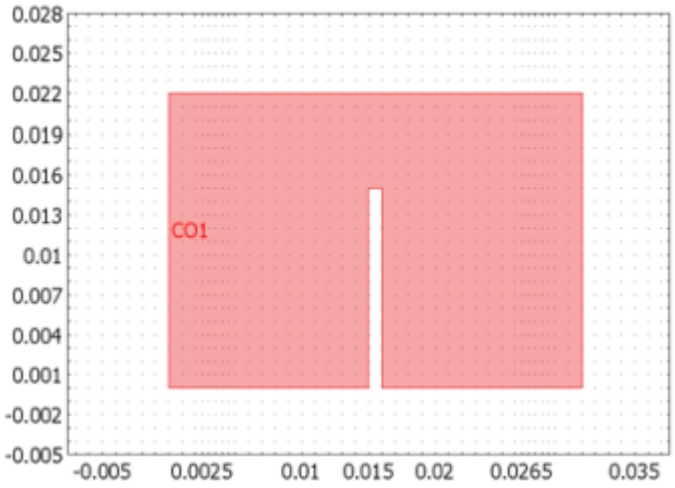
PROPERTY	EXPRESSION
x spacing	1e-3
Extra x	linspace(2.5e-3,4.5e-3,3) linspace(26.5e-3,28.5e-3,3)
y spacing	1e-3
Extra y	

۷ بر روی OK کلیک کنید.

۸ از جعبه ابزار رسم هندسی بر روی Line کلیک کنید.

۹ با کلیک کردن بر روی مکان (0,0.022) آغاز کنید و با نقاط (0,0)، (0.015,0)، (0.015,0.015)، (0.016,0.015)، (0.016,0)، (0.031,0) و (0.031,0.022) به کار خود ادامه دهید.

شکل بیرونی کانال اکنون پایان یافته است.



۱۰ با کلیک کردن بر روی نقاط (0.03,0.022)، (0.03,0.001)، (0.017,0.001)، (0.017,0.016)، (0.014,0.016)، (0.014,0.001) و (0.001,0.001) و (0.001,0.022) ادامه دهید تا کانال اول به پایان برسد.