شبیه‌سازی پلاسمای تخلیه‌ی مانع دی‌الکتریک[1] روی سطح ایرفویل

مقدمه

پلاسمای dbd یک روش نوین کنترل فعال جریان در دو دهه‌ی اخیر است. با اعمال پلاسما روی سطح، نیروی خارجی به سطح جسم (لایه مرزی) اعمال شده و امکان به تعویق افتادن جدایش جریان میسر می‌گردد. ترم این نیرو در معادله نویر-استوکس اضافه می‌گردد. در واقع این نیروی خارجی، همچون اعمال یک مومنتوم خارجی به سطح است که کاهش مونتوم در سطح لایه مرزی را تا حدودی جبران می‌نماید.

اکنون مقصود اینست، با نصب الکترودهای عملگر پلاسما روی سطح یک هندسه، تاثیر پلاسمای تخلیه‌ی مانع دی‌الکتریک روی جدایش جریان را مشاهده نموده و در این صورت مقدار نیروی اعمالی پلاسما را بدست آورد.

مقدار نیروی مبادله شده در واحد حجم پلاسمای ایجادشده را می‌توان از طریق رابطه زیر مشخص نمود:

$$f = \rho_c E$$

در این رابطه E برابر با شدت میدان الکتریکی و ρ_c برابر با توزیع چگالی بار است.

روند کار شبیه‌سازی

یک ایرفویل ناکا ۰۰۱۵ به ابعاد، کورد: ۱۰۰ میلی‌متر – پهنای ایرفویل: ۱۵ میلی‌متر و طول ۱۰۰ میلی‌متر را در انسیس فلوئنت شبیه سازی کنید. سرعت ورودی را از محدوده‌ی ۲-۱ متربرثانیه اختیار کنید. جریان دائم است. مدل آشفتگی دو یا سه معادله‌ای پیشنهاد می‌شود.

زاویه‌ی حمله ایرفویل (زاویه برخورد) را برابر زاویه واماندگی در نظر بگیرید یا زاویه‌ای نزدیک به زاویه واماندگی انتخاب کنید. (البته می‌توان زاویه‌ی حمله را برابر ۱۲ درجه در نظر گرفت و در صورت نیاز آن را تغییر داد)

اکنون ناحیه نقطه جدایش جریان را روی ایرفویل مذکور تعیین کنید. سپس الکترود های عملگر پلاسما را روی ناحیه جدایش جریان تعبیه کنید. نتیجه‌ی این کار به شما نشان خواهد جدایش جریان به تعویق افتاده و زاویه واماندگی چند درجه بالا خواهد رفت.

[1] Dielectric barrier discharge (dbd)

دو الکترود با ضخامت ۰.۰۴ میلی‌متر، به عرض۶.۴ میلی‌متر و طول۶۰ میلی‌متر تعیین شده است به فاصله ۱میلی متر از یک دیگر قرار گرفته اند. طول مؤثر قرار گرفته شده بین الکترود را، ۲۰ میلی‌متر قرار دهید.

یک بار دیگر شبیه سازی پلاسما انجام دهید، این بار فاصله الکترود نزدیکتر به لبه حمله را در ۵۰ میلی‌متر از لبه حمله ایرفویل در نظر بگیرید برخلاف حالت قبل که الکترودها را دقیقا روی ناحیه جدایش قرار دادید.

کدام وضعیت با موفقیت بیشتری توانسته خطوط جریان را به سطح نزدیک تر کند و جدایش را تاحد قابل قبول تری به تعویق اندازد؟

راهنمایی

۱-شبیه‌سازی پلاسما به روش‌های گوناگونی امکان پذیر است. یکی از روش های شبیه‌سازی پلاسما، شبیه‌سازی به روش بوچمال است. این روش شبیه‌سازی، ادامه‌ی کار سوزن و همکار وی هوانگ است.

روش بوچمال نسبتا ساده بوده و به دلیل صرف نظر از پارامترهای اضافی در پدیده پلاسما، حجم محاسبات سیالاتی سبک است. (فقط پارامترهای اساسی در پلاسما اثرگذار است)

۲- شبیه‌سازی را کاملا دوبعدی (2D) انجام دهید

۳- از شکل هندسه‌ی ایرفویل و الکتردهای زیر کمک بگیرید. این تصویر از نمای بالای، ایرفویل ناکا۰۰۱۵ به همراه تعبیه دو الکترود عملگرپلاسما روی آن می‌باشد.

۴- سعی کنید شبیه‌سازی پلاسما روی ایرفویل تا حد امکان به صورت تصویر بالا و ابعاد بیان شده باشد. در صورت لزوم، می‌توان ابعاد و هندسه‌ی الکترود ها را تا حدودی تغییر دهید.

۵- بوچمال، کد udf مورد استفاده برای شبیه‌سازی پلاسما را در انتهای پایان نامه خود قرار داده است که می‌توان از آن استفاده نمود. یکی از مزیت های روش بوچمال، کد udf آن می‌باشد. این کد علی رغم تغییر هندسه‌ی جسم، ثابت است یا تغییر ناچیزی دارد. در واقع این کد، مستقل از هندسه‌ی جسم است. یعنی مرزهای پلاسما را در مش در نظر گرفته سپس در فلوئنت شرایط مرزی اعمال پلاسما برای آن تعریف می‌گردد.

۶- فایل case & data شبیه‌سازی پلاسما روی صفحه‌ی تخت بوچمال برای درک مفاهیم شبیه‌سازی پلاسما، پیوست می‌گردد. همچنین برای چگونگی شبیه‌سازی پلاسما، یک فیلم آموزشی بارگذاری می‌شود.

۷- چنانچه تسلط روی udf نویسی دارید پیشنهاد می‌شود روی پارامترهای duty cycle، میزان ولتاژ اعمالی و شکل موج ولتاژ و همچنین فرکانس اعمالی بر اساس روش بوچمال، بررسی کنید تغییرات روی این پارامترها در فلوئنت اعمال شدنی هستند یا خیر. به عبارت دیگر بوچمال کدام متغیرهای بالا را ثابت در نظر گرفته و کدام را پارامتری تعریف کرده است.