



مدل سازی میدان جریان و حرارت جت برخوردی محصور به روش شبیه سازی گردابه های بزرگ

سید مصطفی حسینعلی پور¹، کاظم اسماعیل پور² پیام رحیم مشایی³

¹دانشیار، آزمایشگاه CAE دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی مکانیک؛ alipour@iust.ac.ir

²دانشجوی دکتری، آزمایشگاه CAE دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی مکانیک؛ kazem.esmailpour@gmail.com

³دانشجوی کارشناسی ارشد، آزمایشگاه CAE دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی مکانیک؛ P_r_mashai@mecheng.iust.ac.ir

چکیده

مورد توجه قرار گرفته است. اثرات هندسه نازل، فاصله جت از دیواره، فاصله دو جت از هم، شرایط کارکردی و غیره به صورت آزمایشگاهی مطالعه شده است [5-1]. سیدین و همکاران [6] برای مدل سازی میدان جریان و حرارت یک جت برخوردی در یک کانال محصور، از مدل های $k-\epsilon$ رینولدز بالا و پایین استفاده نمود. نتایج بدست آمده از مدل های $k-\epsilon$ رینولدز پایین مطابقت بهتری با نتایج آزمایشگاهی نشان دادند. حسینعلی پور و مجمودار [7] مدل های مختلف $k-\epsilon$ رینولدز پایین و استاندارد را برای مدل سازی میدان جریان و حرارت جریان دو بعدی و آشفته جت برخوردی و روبروی هم به کار گرفتند. همچنین عدد تصحیح کننده یپ برای مدل های $k-\epsilon$ رینولدز پایین آزمایش شد تا اثرات آن بر روی پیش بینی انتقال حرارت در یک جت برخوردی بررسی شود. نتایج عددی و آزمایشگاهی در حالت جت برخوردی آرام و آشفته با هم مقایسه شدند ولی به علت نبود نتایج آزمایشگاهی برای حالت جت های روبروی هم آشفته، تنها به نتایج عددی بسنده شد.

در این مقاله شبیه سازی میدان جریان و حرارت یک جت برخوردی با دو نسبت منظر مختلف ($\frac{H}{D} = 2,6,6$) مورد توجه قرار گرفت. برای مدل سازی از روش شبیه سازی گردابه بزرگ استفاده شده است. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی عملکرد مدل شبیه سازی گردابه بزرگ در یک جت برخوردی و مطالعه میدان آشفتهگی آن می باشد.

مدل سازی ریاضی

در مسئله حاضر فرض شده است که سیال هوا، نیوتنی، تراکم ناپذیر و خواص آن مستقل از دما است. در شکل 1. شماتیکی از هندسه مسئله و شرایط مرزی آورده شده است. هندسه در نظر گرفته شده مربوط به کار آقای هاینینگن [2] می باشد. شرایط مرزی مسئله به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

- پروفیل سرعت در ورودی یکنواخت می باشد و برای دو حالت $Re=5200$ و $Re=10400$ سرعت محاسبه شده

است..

در این مقاله شبیه سازی میدان جریان و حرارت یک جت برخوردی محصور آشفته با دو نسبت منظر مختلف، به روش شبیه سازی گردابه بزرگ¹ انجام شده است. در کارهای پیشین از مدل های $k-\epsilon$ استاندارد و رینولدز پایین برای پیش بینی توزیع عدد ناسلت استفاده شده است اما به علت دقت ناکافی این مدل ها مخصوصا در نواحی نزدیک دیواره و ناحیه برخوردی، عدد ناسلت کمتر یا بیشتر از مقدار واقعی پیش بینی می شد. در پژوهش حاضر از روش شبیه سازی گردابه بزرگ و مدل WALE² استفاده شده است. توزیع عدد ناسلت در ناحیه برخوردی و ناحیه دیواره مطابقت بسیار خوبی با نتایج آزمایشگاهی دارد. همچنین میدان توربولانسی برای دو نسبت منظر مختلف بررسی شده است، بدین منظور تنش های توربولانسی، نرخ تولید انرژی توربولانسی و شار نرمال حرارتی استخراج شده است. مقادیر تنش های توربولانسی با کاهش نسبت منظر افزایش می یابد و با فاصله گرفتن از ناحیه برخوردی این مقادیر کاهش می یابند. نرخ تولید انرژی توربولانسی در نواحی از سیستم مقداری منفی را نشان می دهد که نشان دهنده ریزش انرژی از میدان توربولانسی به میدان متوسط جریان می باشد. در نهایت ساختارهای منسجم³ جریان استخراج شدند و تاثیر شکل و اندازه این ساختارها بر روی انتقال حرارت از سطح بررسی شد.

کلمات کلیدی: جت برخوردی، شبیه سازی گردابه بزرگ، ساختارهای منسجم، میدان توربولانسی

مقدمه

هندسه جت برخوردی تکی و چندتایی نرخ های بالای انتقال حرارت و جرم را فراهم می کنند و به همین جهت شکل های مختلف این سیستم در صنایع (خشک کردن ورق ها، خنک کاری المان های الکترونیکی، خنک کاری پره های توربین و...) استفاده می شوند. در خلال 30 سال گذشته شبیه سازی عددی و آزمایشگاهی میدان جریان و حرارت جت برخوردی تکی و چندتایی به طور وسیع

¹ Large eddy simulation

² Wall adopted local eddy viscosity

³ Coherent structures