

صورت مسئله پروژه CFD

مدل سازی انتقال کاتینگز در فضای حلقوی افقی خارج از مرکز با لوله حفاری دوار و گل غیرنیوتنی

۱. تعریف مسئله و هدف

هدف، شبیه سازی سه بعدی جریان گل حفاری و انتقال ذرات کاتینگز در فضای حلقوی یک چاه افقی است. لوله حفاری نسبت به محور چاه خارج از مرکز و نزدیک کف چاه قرار دارد؛ بنابراین احتمال تشکیل بستر جامد در ناحیه باریک پایین آنولوس وجود دارد. مدل باید اثر دوران لوله حفاری بر افت فشار، توزیع سرعت، کسر حجمی جامد، ارتفاع بستر و بازده خروج کاتینگز را مشخص کند. نرم افزار هدف ANSYS Fluent است و تحلیل در دو مرحله تک فاز و چندفاز انجام می شود.

۲. هندسه، مش و دستگاه مختصات

مقدار/تعریف	پارامتر
۸،۵ اینچ، معادل ۰،۲۱۵۹ متر	قطر چاه
۵ اینچ، معادل ۰،۱۲۷۰ متر	قطر خارجی لوله حفاری
۱،۰ متر؛ راستای جریان محور X	طول دامنه
$e = 0.8$ ؛ مرکز لوله به اندازه ۰،۰۳۵۵۶ متر در راستای Z جابه جا شود	خروج از مرکز
۰،۰۰۸۸۹ متر	حداقل فاصله شعاعی
$g_x = 0, g_y = 0, g_z = -9.81 \text{ m/s}^2$	گرانش
مش شش وجهی ساختاریافته متوسط، حدود 24,576 سلول؛ Orthogonal Quality حداقل ≈ 0.56	مش پیشنهادی

۳. مدل های فیزیکی و خواص مواد

- حل گر Pressure-Based، سه بعدی، Double Precision و به دلیل محدودیت RAM در حالت Single Process اجرا شود.
- گل حفاری CMC به صورت $\mu_{\min} = 0.001$ ، $\mu_{\max} = 0.5$ و Power-Law: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ، $K = 0.044 \text{ Pa/s}^n$ ، $n = 0.75$ ، Pa/s
- مدل چندفازی Eulerian با دو فاز؛ فاز اولیه گل CMC و فاز ثانویه Granular با چگالی 2650 kg/m^3 و قطر متوسط 0.003 m
- مدل درگ بین دو فاز Gidaspow، ضریب بازگشت برخورد ذره-ذره 0.9، Granular Temperature از نوع Phase Property/Algebraic و Packed Bed خاموش.

۴. شرایط مرزی و ماتریس محاسبات

مقدار/تعریف	پارامتر
سرعت نرمال هر دو فاز 0.56 m/s؛ کسر حجمی ورودی کاتینگز 0.05 و گل 0.95	Velocity Inlet
فشار گیج 0 Pa؛ Backflow Granular Temperature برابر $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}^2$	Pressure Outlet
دیواره ثابت، بدون لغزش برای گل؛ شرط برخورد Granular برای کاتینگز	Wellbore Wall
Moving Wall از نوع Rotational حول محور X؛ مبدأ محور m (0.03556–,0,0)	Drillpipe Wall
۰، ۶۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دور بر دقیقه؛ معادل ۰، ۶، ۲۸۳، ۱۰، ۴۷۲، ۱۲، ۵۶۶ و ۱۵، ۷۰۸ رادیان بر ثانیه	سرعت‌های دوران

۵. روش اجرا

- ابتدا کیس تک‌فاز در 0 rpm حل و افت فشار پایه استخراج شود؛ سپس RPM به صورت پله‌ای افزایش یابد و نتیجه هر مرحله نقطه شروع مرحله بعد باشد.
- برای تحلیل کاتینگز، مدل Eulerian–Granular و گرانش فعال، شرایط فازها و مرزها اعمال و حل از نو Initialize شود. برای تشکیل و تکامل بستر، حل Transient ارجح است.
- در شروع از طرح‌های مرتبه اول برای پایداری استفاده شود؛ پس از پایدار شدن، Momentum به Second Order Upwind ارتقا یابد. در مدل Eulerian از Phase Coupled SIMPLE استفاده شود.
- برای هر RPM پس از رسیدن به رفتار پایدار یا تناوبی، میانگین زمانی خروجی‌ها ثبت و فایل Case & Data جداگانه ذخیره شود.

۶. خروجی‌ها و معیار پذیرش

- افت فشار: اختلاف Area-Weighted Average فشار استاتیک ورودی و خروجی بر طول یک متر؛ حداقل/حداکثر کانتور جایگزین افت فشار متوسط نیست.
 - کانتورهای Velocity Magnitude، Static Pressure و Volume Fraction of Cuttings روی مقطع میانی $X=0.5 \text{ m}$ و صفحه طولی $Y=0$.
 - ارتفاع/مساحت بستر در کف آنولوس و بازده انتقال کاتینگز: $\text{CTE} = (\text{دبی جرمی جامد خروجی} \div \text{دبی جرمی جامد ورودی}) \times 100$.
 - عدم تعادل جرم ترجیحاً کمتر از 0.1٪، پایداریافت فشار و دبی جامد، و استقلال مش با اختلاف کمتر از 5٪ بین مش متوسط و ریز.
- نتیجه مورد انتظار: تعیین روند اثر افزایش RPM بر کاهش یا بازپخش بستر کاتینگز، تغییر بازده انتقال جامد و هزینه هیدرولیکی آن به صورت افت فشار؛ سپس معرفی محدوده دورانی مناسب برای پاک‌سازی آنولوس در شرایط تعریف‌شده.