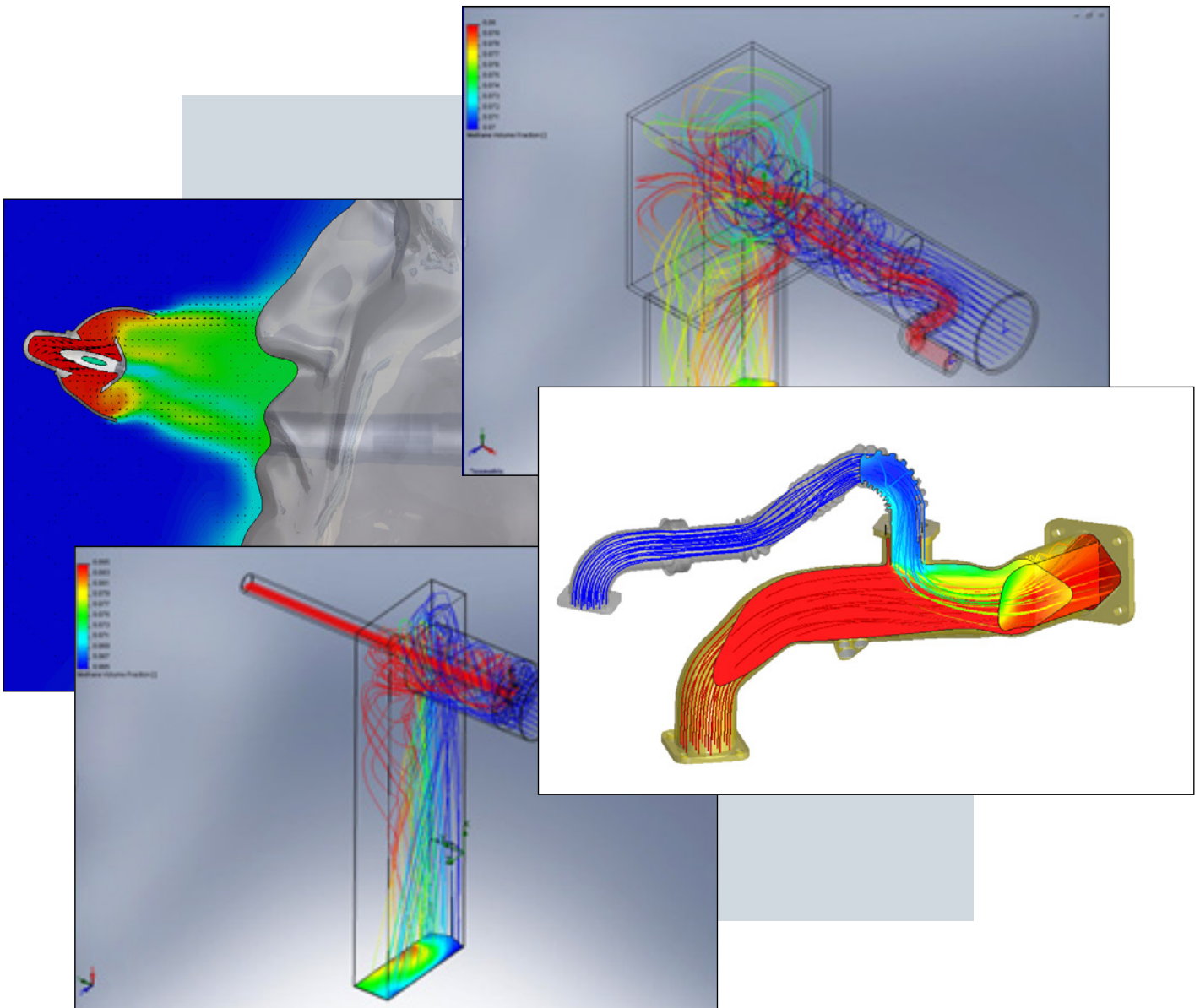


OPTIMALIZACE PROCESŮ SMĚŠOVÁNÍ PLYNŮ POMOCÍ SIMULACE DYNAMIKY TEKUTIN INTEGROVANÉ V CAD SYSTÉMU

Produktový leták



OSVĚDČENÉ POSTUPY PRO ANALÝZU CFD SMĚŠOVÁNÍ PLYNŮ POMOCÍ SIMULAČNÍHO MODULU SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Směšování plynů je důležité v široké řadě aplikací. Například směšování plynů v komínkách je často rozhodující pro funkci systémů řízení emisí. Směšování plynů v naplněných kolonách a dalších typech chemických reaktorů ovlivňuje výkonnost a variabilitu procesu. Směšování plynů má výrazný vliv na výkon rotačních spalovacích pecí používaných při likvidaci nebezpečných odpadů. Směšování plynů v dýchacím traktu ovlivňuje účinnost léků ve spreji. Zlepšení i pouhých několika procent v účinnosti směšování může výrazně snížit spotřebu energie a emisí v nízkoemisním hořáku.

Optimalizace směšování plynů a vzduchu podle požadavků konkrétní aplikace je náročný proces, který normálně sestává z velmi nákladného a časově náročného procesu zkonstruování a testování prototypů. Velké společnosti používají k simulaci směšování plynů počítačově modelovanou dynamiku kapalin a plynů (CFD), ale tento postup se dosud v podstatě omezoval na výzkum nebo vyhledávání problémů u stávajících návrhů kvůli značným nákladům, časové náročnosti a odbornosti nutné k použití technologie CFD.

V několika posledních letech jsou však dostupné nové nástroje CFD, které jsou plně integrované do běžných konstrukčních prostředí, takže jejich použití je mnohem jednodušší, rychlejší a levnější. Tyto nové nástroje poskytují možnost vyhodnotit účinnost velkého počtu potenciálních alternativ v raných fázích procesu navrhování. Analýza v rané fázi umožňuje zlepšit funkčnost produktu a vyřešit konstrukční problémy v kratším čase při nižších nákladech. Tento článek poskytuje pokyny k používání technologie CFD pro zlepšení směšování plynů v raných fázích procesu navrhování.

Důležitost směšování plynu a vzduchu

Tlaky ze strany konkurence a předpisů tlačí výrobce spalovacích zařízení ke zlepšování energetické účinnosti, omezování emisí škodlivin, zlepšování kontroly a poskytování vyšší flexibility paliva. Klíčem k tomuto úkolu je zlepšování účinnosti hořáků, které jsou nedílnou součástí všech spalovacích systémů. I jen malé zlepšení účinnosti může mít významný vliv na systémy, které fungují nepřetržitě a spotřebovávají velké množství energie.

Směšování paliva a vzduchu hraje rozhodující roli při konstruování téměř každého hořáku. Hlavním konstruktérským oříškem v mnoha aplikacích je vstříknutí plynu tak, aby se dosáhlo co nejlepšího směšování. Směšování je důležité, protože nerovnoměrné koncentrace vzduchu a paliva mohou výrazně zvýšit úroveň emisí a snížit účinnost spalování. Velmi důkladné směšování plynu a vzduchu eliminuje horká a studená místa v plameni, která jsou původcem emisí NO_x.

Změna v metodách směšování plynu a vzduchu

Donedávna se správné směšování plynu považovalo spíše za umění než za vědu. Tradiční přístup je zkonstruovat prototyp nebo upravovat stávající produkt, testovat jej a pak na základě výsledků upravovat prototyp nebo produkt, dokud nebylo dosaženo žádaných výsledků. Problémem tohoto přístupu je skutečnost, že postupy konstrukce, úpravy a testování prototypu jsou často nákladné a časově náročné. Dalším problémem je, že vypnutí produktu, který se používá v nepřetržitém procesu, např. výrobě elektřiny, pro účely úprav a testování může být drahé.

V poslední době zlepšení v experimentálních a analytických nástrojích umožnily nahrazení hardwarových prototypů prototypy softwarovými, které přesně předvídají účinnost konstrukčních alternativ. Technici používají technologii CFD k simulování provozu produktu za skutečných podmínek. Simulace CFD obvykle poskytuje mnohem více informací, než lze získat fyzickým testováním, např. rychlost a směr kapaliny, tlak, teplotu a hodnoty koncentrace látek v rámci roztoku. V rámci analýzy může konstruktér změnit geometrii systému nebo hraniční podmínky a sledovat jejich vliv na vzory průtoku. Z těchto důvodů umožňuje technologie CFD analytikům vyhodnotit účinnost široké řady různých konfigurací v kratším čase a za nižší náklady.

Trend směrem k integraci v CAD systému

Nejnovější trend směrem k využití softwaru CFD integrovaného do CAD systému umožňuje využít simulaci ve fázi návrhu a vyzkoušet tak více alternativních návrhů, než by bylo praktické při použití fyzického prototypování, a zároveň snížit počet požadovaných prototypů. Technologie CFD integrovaná do CAD systému využívá nativní 3D CAD data, automatické mřížkování prostoru průtoku a správu parametrů tečení jako objektové funkce; eliminuje tak potřebu inženýrů pochopit výpočetní součást technologie CFD a namísto toho jim umožňuje soustředit se na dynamiku proudění produktu, jejíž pochopení a zvládnutí již patří mezi jejich úkoly.

Nejnovější generace softwaru CFD obsahuje komplikované funkce automatizovaného řízení, které zajišťují souběh v téměř každé aplikaci bez nutnosti ručního ladění. Snad nejdůležitější funkce řídí kvalitu mřížky a omezuje tak jeden z největších důvodů neshod v běhu zařízení. Díky tomu stačí v rámci dovedností požadovaných k obsluze softwaru CFD znalost CAD systému a mechanických vlastností produktu, jež drtivá většina konstruktérů již ovládá. Automatizace těchto kroků rovněž vysoce snižuje čas nutný na analýzu, což umožňuje dodat výsledky před změnou návrhu.

Pokyny k simulaci směšování plynu

Několik osvědčených postupů může napomoci zajistit přesnost simulace směšování plynu a vzduchu CFD. Využití nativních 3D dat přináší bonusovou kvalitu objemového modelu. Pro interní model průtoku s minimálními požadavky na síť musí objemové modely tvořit utěsněný interní prostor bez úniků z interního pole průtoku. Je-li to možné, je třeba eliminovat detaily geometrie a uchovat tak minimální velikost modelu CFD. Po importování geometrie je třeba zkontrolovat výskyt problémů pomocí funkce „zkontrolovat geometrii“ v softwaru CFD. Zkontrolujte nepravidelné buňky způsobené otvory v tenkých objektech provedením zkušebního vytvoření sítě a vizualizací nepravidelných buněk pomocí postprocesoru. Nepravidelné buňky pak lze opravit zvýšením hustoty místní sítě.

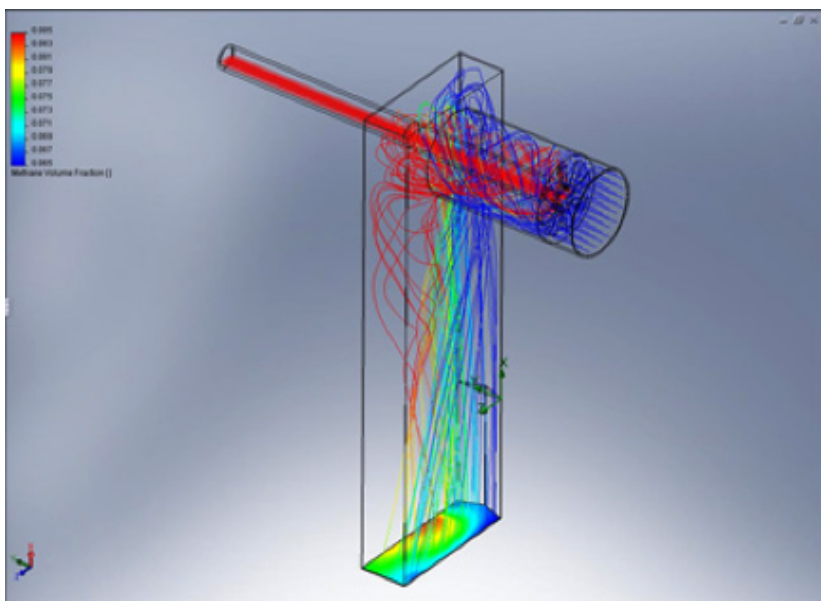
Modely turbulence jsou v simulaci směšování důležité, protože mnoho společností si nemůže dovolit dostatečně výkonné počítače pro zachycení těch nejmenších detailů turbulentního průtoku. Klíčovým faktorem ve výběru správného modelu turbulence je najít odpovídající vlastnosti průtoku, které se budou pravděpodobně vyskytovat při aplikaci, s modely dostupnými v používaném softwaru. Model k-epsilon je velmi populární dvourovnicový model turbulence, který obsahuje dvě dodatečné přepravní rovnice, které představují turbulentní vlastnosti průtoku. Pro konkrétní konfigurace průtoku byly vyvinuty specializované verze modelu k-epsilon.

Konstruktéři potřebují možnost ověřit, zda jejich modely přesně předvídají chemické a fyzikální vlastnosti skutečného směšovacího procesu. Jedním z přístupů je modelovat současnou generaci produktu a ověřit, že model předvídá svoji účinnost. V této fázi může konstruktér upravovat model s důvěrou v to, že bude předvídát účinnost nové konstrukce. Pokud je příliš nákladné přerušovat provoz stávající generace produktu, má smysl zkonstruovat zmenšený model produktu a porovnat jeho účinnost se simulačním modelem.

Skutečný příklad

Zde uvádíme příklad, jak byly tyto metody využity k návrhu hořáku Eclipse Linnox nové generace. Tento hořák byl zkonstruován za účelem výrazného snížení spotřeby energie ventilátory, které tlačí vzduch do hořáku zemního plynu, při současném zachování energetické účinnosti a řízení emisí platných pro stávající návrhy. K dosažení tohoto cíle potřebovali konstruktéři zjednodušit návrh tak, aby bylo možné odstranit z předchozích návrhů prvky napomáhající dosažení vysokých úrovní směšování a zároveň zachovat poměr plynu ke vzduchu na hodnotě 7,5 % +/- 0,5 % v rámci celého vedení směsi. Konstruktéři společnosti Eclipse vytvořili prvotní návrh hořáku v systému 3D CAD a pak použili k simulaci technologii SOLIDWORKS Flow Simulation.

Výsledky simulace prvotního modelu ukázaly koncentraci vzduchu a paliva v celém vedení směsi a zvládnutelná místa, která vyžadovala zlepšení směřování.



Obrázek 1: Simulace dřívějšího návrhu směšovače na základě středotlakého vzdušného víru a vstříkovaní plynu vytvářejících dobrou kvalitu směsi

Konstruktéři provedli v návrhu směšovače řadu změn. Po každé změně spustili znovu simulaci a určili vliv změny, přičemž věnovali zvláštní pozornost distribuci látek v celé komoře poklesu tlaku. S každou větší změnou rovněž provedli řadu parametrických studií za účelem vyhodnocení vlivu změny klíčového rozměru konstrukce.

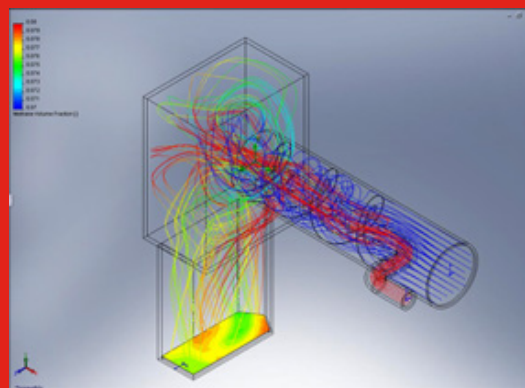
Díky sledování vlivu těchto změn na distribuci obou typů látky získali přehled o citlivosti konstrukce, který by při fyzickém testování nikdy nezískali. Technici se zaměřili na jeden z návrhů konstrukce a provedli další optimalizaci. Výsledky simulace ukázaly, že konečný návrh zajišťuje pokles tlaku o 300 pascalů, tj. 900% (10krát nižší) snížení ve srovnání s hořáky stávající konstrukce. Až v této fázi procesu zkonstruovala společnost Eclipse první prototyp nového návrhu. Účinnost prototypu byla velmi blízko předpovědi simulace, což výrazně snížilo čas a náklady nutné na dosažení nové konstrukce.

Shrnuto a podtrženo, simulace CFD s integrovaným řešením CAD v raných fázích konstruování produktů pro směřování plynu šetří čas a peníze. Osvědčené postupy vyladěné pro požadavky konkrétní oblasti průmyslu pomáhají konstruktérům vyhnout se analytickým chybám. S použitím konkrétních postupů může každý konstruktér optimalizovat návrh již v době, kdy lze změny provádět při nízkých nebo nulových nákladech.

CENA ZA NEPROVEDENÍ ANALÝZY

Následky neoptimalizovaného směšování plynu a vzduchu by byly pro účinnost hořáku Linnox významné. Škodlivé emise z hořáku a nerovnoměrná distribuce tepla by měly negativní vliv v aplikacích jako např. sušení papíru, sušení sádkartonových desek, zpracování potravin, katalytické čištění vzduchu. Pochopení vlivu konstrukčních simulací na ziskovost společnosti bylo věnováno značné výzkumné úsilí.

Společnost Aberdeen Group vydala na toto téma několik studií. Jejich nejnovější zpráva zjistila, že špičkové společnosti se přiklánějí k testování virtuálních prototypů (viz tabulku) namísto testování fyzických prototypů. Naproti tomu společnosti spadající do kategorie „konzervativních“ věnují mnohem méně času virtuálnímu prototypování a absolvují více kol testování:



Obrázek 2: Simulace nového návrhu konstrukce na základě nízkotlakého vzdušného víru a vstříkovaní plynu vytvářejících ještě lepší kvalitu směsi

| Konkurenční prostředí | Střední počet virtuálních iterací | Střední počet fyzických prototypů | Střední počet kol testování |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Nejlepší ve své třídě | 7,3 iterace | 2,7 prototypů | 2,8 kol |
| Průměr | 9,4 iterace | 3,1 prototypy | 3,5 kol |
| Konzervativní | 4,5 iterace | 3,8 prototypů | 4,7 kol |

Zdroj: Aberdeen Group

Vliv může být výrazný. V závislosti na složitosti konstruovaného produktu může trvat vývojový proces týden, ale třeba také 20 let. Většina produktů zabývajících se směšováním plynu se považuje za buďto „mírně“ nebo „vysoce“ složité produkty a proto může jejich vývoj trvat mezi 1 a 20 lety:

| Složitost produktu | Počet dílů | Doba trvání vývoje |
|--------------------|-----------------|--------------------|
| Nízký | Méně než 50 | Týden až rok |
| Mírná | 50 až 1000 | Měsíc až 5 let |
| Vysoký | 50 až 10 000 | 1 až 5 let |
| Velmi vysoká | 1000 až 100 000 | 1 až 20 let |

Zdroj: Aberdeen Group

Je zajímavé, že u úrovně složitosti „mírná“ nebo „vysoká“ mohou dosáhnout náklady na konstrukci fyzického prototypu astronomických hodnot:

| Složitost produktu | Čas na konstrukci prototypu | Náklady na konstrukci prototypu |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Nízký | 13 dnů | 7600 USD |
| Mírná | 24 dnů | 58 000 USD |
| Vysoký | 46 dnů | 130 000 USD |
| Velmi vysoká | 99 dnů | 1 200 000 USD |

Zdroj: Aberdeen Group

Proto i úspora pouhého jednoho prototypu pro konstruování může mít výrazný vliv na snížení nákladů společnosti:

| Složitost produktu | Čas ušetřený při počtu prototypů nižším o 1,1 | Náklady ušetřené při počtu prototypů nižším o 1,1 |
|--------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Nízký | 14 dnů | 8360 USD |
| Mírná | 26 dnů | 63 800 USD |
| Vysoký | 51 dnů | 143 000 USD |
| Velmi vysoká | 109 dnů | 1 320 000 USD |

Zdroj: Aberdeen Group

Naše platforma 3DEXPERIENCE je základem pro jednotlivé produktové řady, pokrývá 12 odvětví a přináší širokou nabídku oborově zaměřených řešení.

Platforma 3DEXPERIENCE® společnosti Dassault Systèmes poskytuje firmám i jednotlivcům virtuální vizi projektů pro udržitelnou inovaci. Její špičková řešení mění způsob, jímž jsou navrhovány, vyráběny a podporovány nové výrobky. Portfolio produktů pro spolupráci od společnosti Dassault Systèmes podporuje sociální inovaci a rozšiřuje možnosti, kterými může virtuální svět zlepšovat svět reálný. Společnost má přes 182 300 zákazníků ve více než 80 zemích světa a všech průmyslových odvětvích. Více informací najdete na webových stránkách www.3ds.com/cz-cz.

