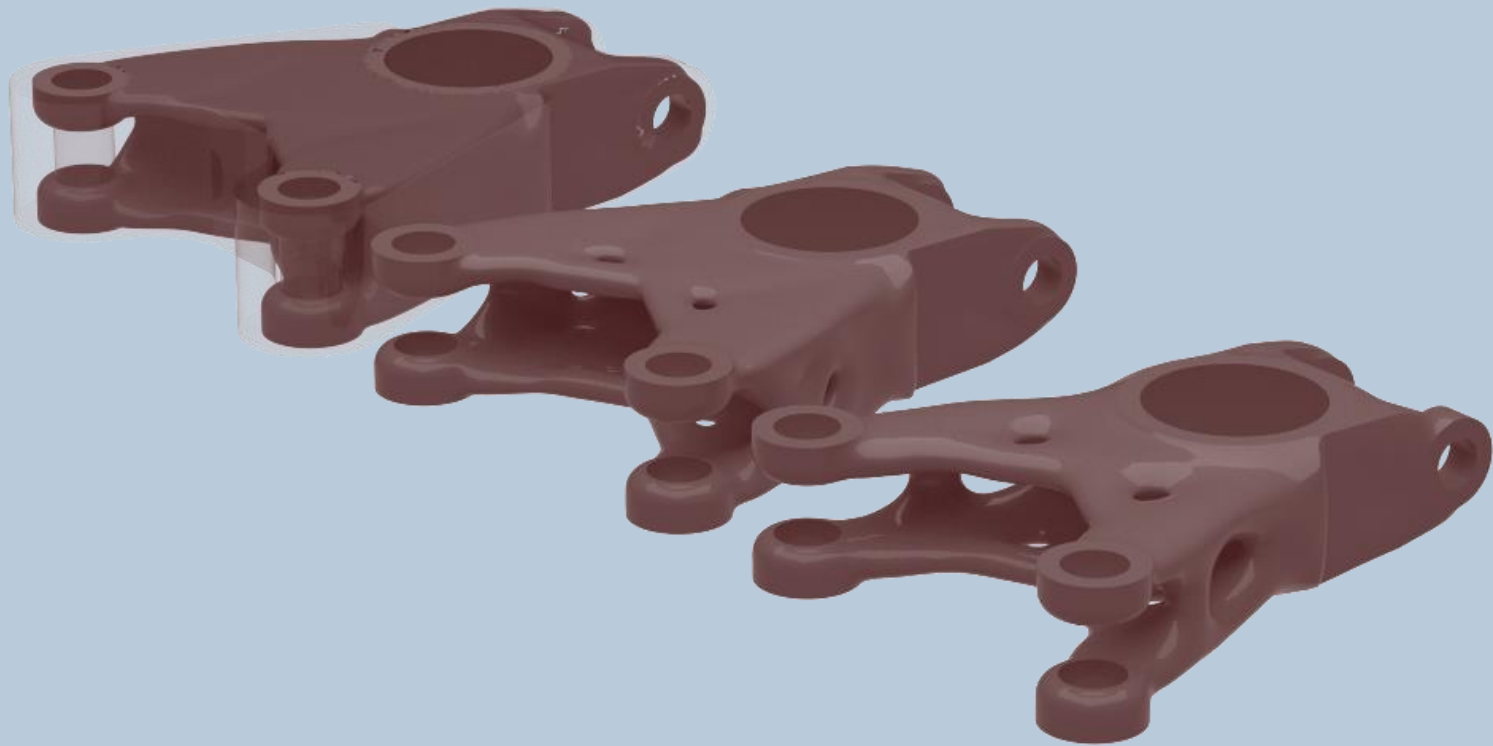


GENERATIVNÍ NÁVRH A FACETOVÉ MODELOVÁNÍ PRO KONSTRUKTÉRY



LIFECYCLE

INSIGHTS

ÚVOD

Vývoj výrobků je v současné době nelehký úkol. Díky integraci různých technologií do výrobků se jejich složitost neustále zvyšuje. Kvůli zapojení stále většího množství dodavatelů do procesu vývoje roste poptávka po spolupráci. Termíny jsou čím dál kratší v důsledku snahy o co nejrychlejší uvedení na trh. Konstrukteři, kteří mají celou řadu dalších úkolů, mají sotva čas najít vhodný design, natož hledat nějaký lepší.

V tomto kontextu konstruktéři často zjišťují, že potřebují větší prostor. Naštěstí existuje nová technologie, která nabízí určitou naději – generativní návrh. Na základě sady omezení určených konstruktérem tato technologie samostatně vytváří více alternativních návrhů pomocí různých algoritmů, například optimalizace topologie nebo algoritmů inspirovaných přírodou. Generativní návrh funguje v podstatě jako softwarový pracovník, který konstruktérovi předkládá různé možnosti. Díky tomu mohou konstruktéři zvažovat více alternativ než dříve. V rámci koncepčního návrhu a detailní konstrukce má celou řadu užítí.

Začlenění výsledků generativního návrhu však vyžaduje speciální geometrické funkce nazývané facetové modelování. CAD aplikace nyní začínají o tyto funkce doplňovat své parametrické a přímé modelování. Jedná se o zásadní, ale často opomíjenou sadu nástrojů, které musí úzce spolupracovat.

Účelem této e-knihy je všechna tato témata popsat. Začíná představením omezujících podmínek a vlivu, který mají na kvalitu designu. Dále se věnuje generativnímu návrhu a nabízí podrobnosti k jeho užítí, technickým aspektům a využití v rámci koncepčního návrhu a detailní konstrukce. Končí podrobnějším pohledem na dostupná řešení využívající dvě nebo jednu samostatnou aplikaci. V celé knize jsou různá zjištění pocházející ze studií společnosti Lifecycle Insights.

Vývoj výrobků je v dnešní době nepochybně obtížný. Nové funkce jako generativní návrh však nabízí způsoby, jak zvýšit výkonnost jednotlivce bez zbytečného úsilí. Tato situace je výhodná jak pro konstruktéry, tak i pro firmu.

KONSTRUKČNÍ OMEZENÍ A KVALITA DESIGNU

Všechny vývojové projekty jsou o vyvážení požadavků. Na jedné straně je vývoj projektu omezen termíny, rozpočtem na vývoj, cílovými náklady na materiál a funkčními požadavky. Na druhé straně je potřeba funkční požadavky nejen splnit, ale dokonce je překročit a vytvářet inovativní a konkurenceschopné výrobky. V posledních letech řada trendů vychýlila toto vyvažování směrem ke konzervativním návrhům. To však brání snahám firem o inovace.

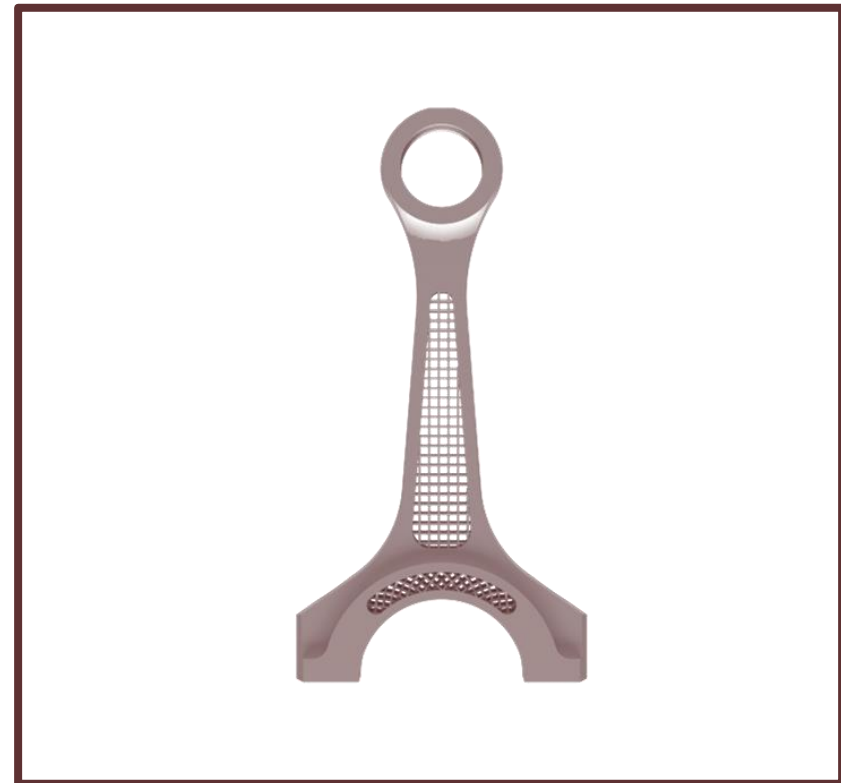
KONSTRUKTÉRSKÁ PRÁCE JE UŽ ZE SVÉ PODSTATY RIZIKOVÁ

Jedním z důvodů, který konstruktéry vede k větší opatrnosti je to, že vývoj nového výrobku je vždy plný rizik. Chyby v designu, které se dostanou přes schválení do výroby mohou způsobit problémy všem osobám zapojeným ve vývoji, ale především konstruktérům. Požadavky na změny, které se jim vrací na stůl vedou k závažným mimořádným událostem způsobujícím zmatky ve formě zmetků, vícepráce, a selhávajících prototypů. Kromě toho tyto chyby odkládají čas, energii a zdroje od úsilí spojeného s aktuálním vývojem a způsobují zpoždění probíhajících projektů. Celých 60 % účastníků [studie zaměřené na návrh řízený simulací](#) potvrdilo, že kvůli selháním prototypů nezvládli dodržet termín.

ROSTOUCÍ SLOŽITOST TECHNOLOGIÍ

Dalším aspektem vedoucím ke konzervativnímu přístupu je rostoucí složitost technologií obsažených v současných výrobcích. Různé trendy v elektronice, například miniaturizace, požadavky na nízkou spotřebu a nutnost odvodu tepla znesnadňují splnění stále rostoucích požadavků na výpočetní výkon výrobků. Rozmach softwaru ve výrobcích s sebou nese problémy s

integrací, protože tyto aplikace musí bezproblémově fungovat s elektronikou a dalšími systémy výrobku. S nástupem internetu věcí (IoT) se vývoj stal ještě složitější, protože firmy musí zjistit, jak výrobek vybavit těmi správnými senzory, jak zaznamenávat ta správná data, jak je odesílat do správného úložiště a pak podle nich správně reagovat. To vše je nutné sladit se strojní konstrukcí, což vede k rostoucí složitosti a obtížnější systémové integraci.



SPOLUPRÁCE S VÍCE ZÚČASTNĚNÝMI STRANAMI

Dalším aspektem, který je třeba zvážit, je potřeba konstruktérů těsněji spolupracovat s více zúčastněnými osobami. V rámci zachování konkurenceschopnosti musí výrobci neustále integrovat nejnovější technologie. Kvůli tomu musí konstruktéři spolupracovat s odborníky z různých oblastí. Navíc nestačí jen najít takový design, který má vhodný tvar a splňuje funkční požadavky. Konstruktéři musí při vývoji pamatovat na mnohem více věcí. Na současné výrobky jsou kladeny stále větší provozní a obchodní požadavky, které ovlivňují výsledné řešení designu. Kvůli tomu konstruktéři potřebují stále více zpětné vazby od rostoucího počtu zúčastněných stran, například od nákupního oddělení, dodavatelů, výrobců, zákazníků, servisů a dalších.

VYVÁŽENÍ ZODPOVĚDNOSTÍ

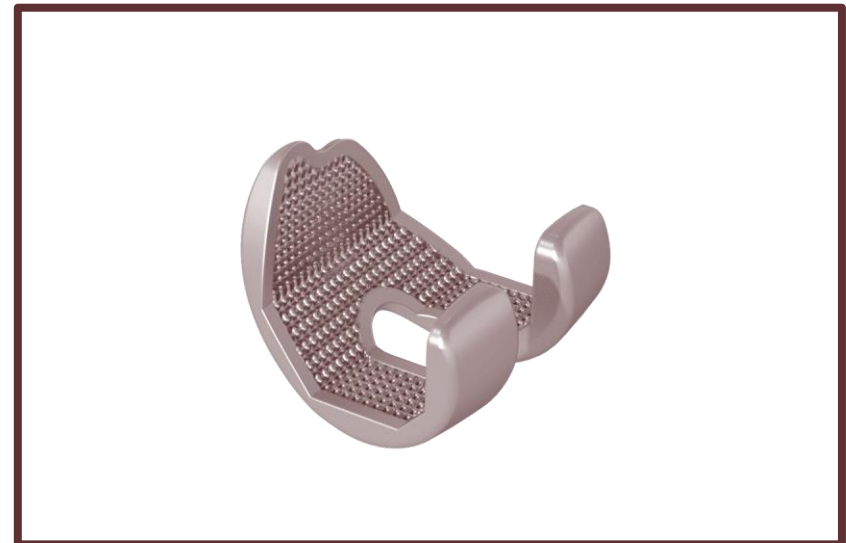
Aspektem, který tyto problémy ještě výrazně zhoršuje je fakt, že konstruktéři jsou v dnešní době přetížení. [Studie konstruktérů hardwaru](#) od agentury Lifecycle Insights se věnovala právě tomuto problému. V rámci studie se měli respondenti vyjádřit, které ze třinácti klíčových úkolů stíhají plnit. Ukázalo se, že konstruktéři stíhají v rámci vývoje plnit v průměru 4,4 klíčových činností, mezi něž patří například správa požadavků, predikce výkonnosti výrobku a další. Kromě toho konstruktéři zvládají v průměru 2,9 dalších činností, například řízení projektu nebo spolupráci s dodavateli. Na jednoho konstruktéra tedy vychází celkem 7,3 zodpovědností. Rozhodování o způsobu konstrukce je pouze jednou z těchto zodpovědností.

KRATŠÍ TERMÍNY, PRVNÍ VHODNÉ NÁVRHY

Posledním aspektem, který je třeba zvážit, jsou neustále se zkracující termíny na vývoj výrobku. Kratší termíny nutí konstruktéry používat první vhodné řešení, které najdou. V nejhorsím případě tyto koncepty plní cíle projektu pouze okrajově. Firmy tak nevyužívají příležitosti ke snížení výrobních nákladů, výrobě výkonnějších výrobků nebo úplnému splnění zákaznických požadavků.

SHRNUTÍ

Kvůli celé řadě aspektů mají konstruktéři v současnosti na vývoj stále složitějších výrobků méně času. Chyby v konstrukci představují podstatný problém pro společnost i pro konstruktéry samotné. Není tedy divu, že se uchylují spíše ke konzervativním designům.



GENERATIVNÍ NÁVRH V RÁMCI VÝVOJE

Konstruktéři v současnosti pracují pod velkým tlakem, který je nutí být při vývoji výrobků spíše konzervativní. Aby mohli čelit těmto tlakům, potřebují konstruktéři větší prostor. Ano, chceme po nich, aby odvedli s méně zdroji více práce než dříve. A to je právě příležitost pro použití technologie zvané generativní návrh.

GENERATIVNÍ NÁVRH: CO TO JE?

Generativní návrh je v zásadě velmi jednoduchý. Jedná se o funkci CAD aplikací, která dokáže samostatně generovat různé varianty návrhu podle zadaných omezení. To se může dít bez dohledu či interakce konstruktéra, takže ten má více času na další úkoly. Po skončení si mohou konstruktéři vybrat, které návrhy chtějí prozkoumat podrobněji. Celkově vzato to tedy urychlí vývoj, aniž by byl vyžadován čas konstruktéra.

Generativní návrh využívá funkce tzv. optimalizaci topologie, která interně spouští pevnostní simulace a odstraňuje nadbytečný materiál. To je však pouze jeden z mnoha přístupů, které generativní návrh využívá. Napodobuje chování běžné v přírodě, například růst kolonií bakterií či tvorbu kostí a díky tomu optimalizuje poměr pevnosti a hmotnosti. Tyto přístupy lze tedy využít k prozkoumání prostoru designu nového výrobku. Generativní návrh může najít i řešení, která by člověka nikdy nenapadla, čímž konstruktérům otevírá zcela nové možnosti.

Použití generativního návrhu je jednoduché. Vstupem je 2D nebo 3D model koncepčního nebo podrobného návrhu. Konstruktér musí následně určit omezení, s nimiž může generativní návrh pracovat. Mohou to být různé okrajové podmínky, například pevná geometrie. Dalšími však mohou být také geometrické podmínky, například zákaz přetažení nebo zachování určitého geometrického tvaru, například zachování válcového tělesa v určitém místě. Vzhledem k tomu, že generativní návrh využívá nejčastěji funkce pro optimalizaci topologie, které jsou založeny na funkcích analýzy konečných prvků (FEA), je nutné ostatní položky simulace definovat jako vlastnosti materiálu a zatížení.

Při generativním návrhu odstraňuje software materiál v místech, kde jsou prvky s nízkým napětím nebo namáháním. Z pohledu modelování je výstupem tohoto postupu síťová geometrie vygenerovaná z čtyřstěnů využitých během analýzy. Protože je tento model tvořen prvky, které mají ploché stěny, jsou vnější plochy geometrie složeny také z rovinných ploch. Výsledkem je síťová geometrie, kterou lze upravovat jen pomocí facetového modelování, nikoliv parametrického nebo přímého modelování.

TECHNICKÉ ASPEKTY

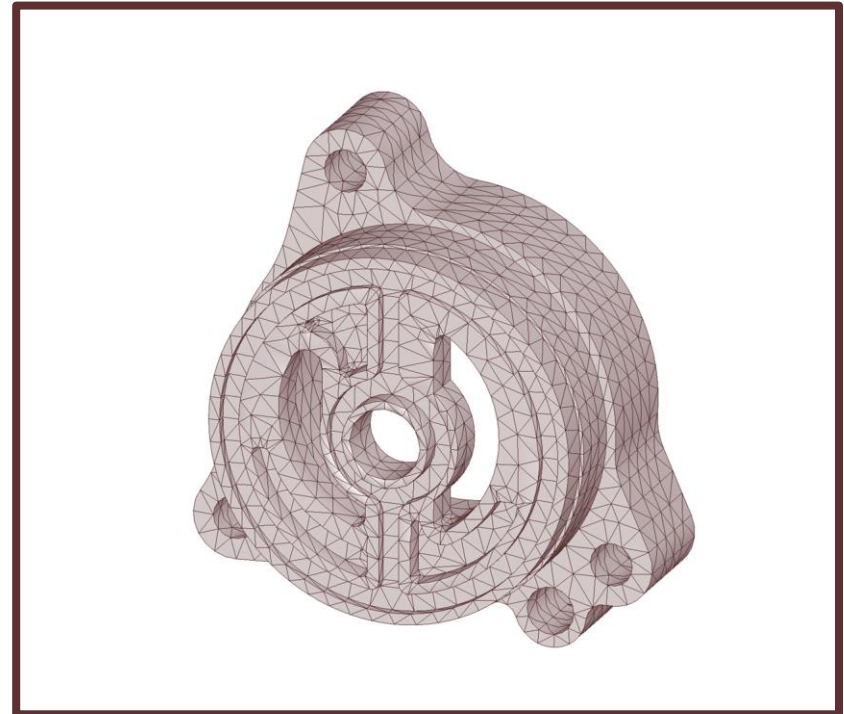
GENERATIVNÍ NÁVRH V RÁMCI KONCEPČNÍHO NÁVRHU

V rámci koncepčního návrhu přichází konstruktéři s celou řadou myšlenek, které mohou pomoci splnění daných požadavků na tvar nebo funkci. Zpočátku hledají tvary, které splňují požadavky. Jakmile je nalezen první vhodný tvar, přesune se řada konstruktérů ihned k dalším aspektům návrhu, protože potřebují stihnout stále těsnější termíny v rámci plánu vývoje. Problém je, že kvůli tomuto přístupu přichází o možnost odhalit další možnosti, které mohou požadavky splňovat lépe. Zkoumání dalších možností vyžaduje více zkoumání, experimentů a iterací.

Reprezentace digitální geometrie těchto návrhů se může výrazně lišit. Někteří používají přístup shora dolů a vytváří konkrétní komponenty odebráním materiálu. Jiní začínají s 2D nebo 3D skicami vytvořenými z křivek, čar, ploch a další jednoduché geometrie. V této fázi se však ještě nejedná o zcela podrobné 3D modely. Ty vznikají až v rámci detailní konstrukce.

Z pohledu vývoje má generativní návrh v rámci koncepčního návrhu široké využití. V této fázi mají konstruktéři největší prostor pro zkoumání alternativních variant výrobků. Mohou zadat několik omezení známých v této fázi a nechat generativní návrh s minimálním úsilím vytvořit širokou škálu variant. Konstruktéři tak zastávají spíše roli manažerů, kteří kontrolují práci provedenou softwarem pro generativní návrh. Mohou nastavit i studie, které porovnávají funkčnost jednotlivých alternativ. Díky tomu získají větší přehled o vztazích mezi klíčovými parametry a požadovanou funkčností. Tyto techniky lze využít na 2D skici, abstraktní 3D modely nebo detailní konstrukce.

Základem je, že výstupem generativního návrhu je vždy síťová geometrie. Vhodnost daného návrhu lze ověřit během několika iterací hrubého návrhu. V rámci tohoto scénáře je obzvláště vhodné využití facetového modelování ke změnám síťové geometrie, protože to konstruktérům umožňuje vyhnout se převodu geometrie na geometrii reprezentace hranic (brep) používanou parametrickým a přímým modelováním. Vzhledem k tomu, že koncepční návrh musí sloužit jako výchozí bod pro zbytek vývoje, je nutné, aby bylo možné facetovou reprezentaci v případě potřeby převést na brep geometrii. Zde lze opět využít funkce facetového modelování, které tento převod výrazně zjednodušují.



GENERATIVNÍ NÁVRH V RÁMCI DETAILNÍ KONSTRUKCE

V této fázi vývoje konstruktéři zpracovávají do schváleného návrhu podrobné změny nutné k jeho vydání a současně ověřují, že jsou splněny požadavky na jeho tvar a funkčnost. V rámci zvýšení funkčnosti bývá často nutné zkoumat možnosti různých aspektů návrhu. To platí obzvláště u konstruktérů, kteří hledají kompromisní řešení s protichůdnými požadavky, statickým zatížením, náklady a rezonanční frekvencí.

Digitální geometrická reprezentace návrhu je v této fázi již detailním 3D modelem. Tyto modely jsou často tvořeny pomocí funkcí pro parametrické a přímé modelování a obsahují hladké zaoblené plochy.

Možnost prověřit více než jeden koncept skýtá řadu příležitostí. Experimentování s různými variantami detailní geometrie a různými konfiguracemi parametrů velikosti mohou výrazně ovlivnit funkčnost výrobku, náklady na výrobu a vyrobitelnost. Stejně jako u koncepčního návrhu může experimentování s těmito proměnnými a sledování splnění požadavků zajistit lepší představu o jejich vztazích. Díky tomu mohou konstruktéři odladit detailní konstrukci tak, aby lépe splňovala požadavky.

Z pohledu vývoje má generativní návrh v rámci detailní konstrukce široké využití. Konstruktéři mohou tuto technologii kreativně využívat k hodnocení alternativních přístupů k tvorbě detailů konstrukce. Generativní návrh může nalézt dokonce i takové varianty, které by konstruktéra vůbec nenapadly. Tento nástroj tak může být obzvláště vhodný k odladění konceptu tak, aby byly co nejlépe vyváženy protichůdné požadavky.

Začlenění výstupu generativního návrhu do modelů detailní konstrukce je imperativní. Konstruktéři potřebují tuto detailní

konstrukci předat oddělení nákupu nebo výroby, aby byl zajištěn nákup nebo výroba komponent. Zde může facetové modelování dramaticky ovlivnit produktivitu díky funkcím pro snadný převod síťové geometrie na geometrii brep.

I když je někdy třeba převést síťovou geometrii na modely s hladkou reprezentací hranic, nemusí to být nutné vždy. Konstruktéři mohou chtít například provést drobné změny síťové geometrie, ale zbytek ponechat beze změn. To platí obzvláště u firem, které k výrobě komponent využívají aditivní výrobu, protože ta také využívá síťovou geometrii. V těchto případech mohou konstruktéři návrh odeslat přímo na 3D tiskárnu.



ŘEŠENÍ SE DVĚMA APLIKACEMI

Generativní návrh je v rámci koncepčního návrhu a detailní konstrukce velmi výkonným nástrojem. Kvůli využití tradičních technologií podporujících generativní návrh a nepropojeným softwarovým aplikacím však může v rámci digitálního pracovního postupu docházet k výraznému tření.

DVA TYPY GEOMETRIE, TŘI TYPY MODELOVÁNÍ

Tradiční modelování geometrie bývá dvojího typu: parametrické nebo přímé. Parametrické modelování lze využít k tvorbě modelu po jednotlivých prvcích kontrolovaných parametrickými kótami. Přímé modelování mění existující geometrii zatlačením, vysunutím nebo tažením. Oba tyto přístupy modelování pracují s reprezentací hranic, kde je geometrie znázorněna rovinnými nebo plynule zakřivenými plochami.

Síťová geometrie je oproti tomu množinou bodů znázorňujících vnější povrch modelu. Některé CAD aplikace tuto reprezentaci převedou na geometrii tělesa vytvořením rovinných trojúhelníků nebo lichoběžníků a jejich spojením dohromady. Facetové modelování umožňuje konstruktérům poupravit kvalitu výsledné sítě a upravit geometrii přidáním nebo odebráním materiálu.

Jak již bylo zmíněno, mohou nastat případy, kdy konstruktéři potřebují vytvářet hladce zaoblenou i síťovou geometrii. V rámci koncepčního návrhu potřebují konstruktéři pracovat se skicami a určenými mezerami kolem síťové geometrie skenovaných komponent. V rámci detailní konstrukce potřebují vytvářet podrobné 3D modely s ohledem na síťovou geometrii.

CAD aplikace používané k tvorbě 3D modelů využívají kombinaci parametrického a přímého modelování, přičemž výsledkem obou přístupů jsou tradiční modely. Tuto výkonnou kombinaci modelovacích nástrojů lze snadno a rychle využít k tvorbě fyzických komponent a vývoji koncepčních návrhů nebo detailní konstrukce. Bohužel jen velmi málo jich nabízí také facetové modelování.

Vzhledem k tomu, že většina CAD aplikací není schopna pracovat se síťovou geometrií, konstruktéři jsou nuceni použít jiná řešení. Některé specializované samostatné systémy nabízí CAD aplikace umožňující facetové modelování. Konstruktéři tedy mohou použít tradiční CAD aplikace a k tomu tyto speciální. Tento scénář však má řadu nevýhod.

ŘEŠENÍ SE DVĚMA APLIKACEMI

CHYBĚJÍCÍ JEDNOTNÉ PROSTŘEDÍ

V rámci koncepčního návrhu a detailní konstrukce nastává celá řada situací, kdy konstruktéři potřebují **vzájemně kombinovat** parametrické, přímé a facetové modelování. Uživatel může například pracovat s facetovými daty, následně vytvořit parametrický model a změnit něco pomocí přímého modelování, než se vrátí zpět k facetovému modelování. Pokud tyto funkce nejsou součástí jedné softwarové aplikace, nemohou konstruktéři takové úkony provádět jednoduše. Místo toho musí hledat způsoby, jak přenášet konstrukční data mezi tradičními a specializovanými CAD aplikacemi.

VÝMĚNA KONSTRUKČNÍCH DAT

Pokud často používáte převod geometrie mezi CAD aplikacemi, pak asi znáte problémy s ním související. Převod modelu z jedné softwarové aplikace do jiné často způsobí chybně zarovnané nebo chybějící plochy, čáry a body. Tím dojde k porušení modelu, protože již nepředstavuje danou součást a konstruktéři tyto problémy musí řešit vždy, když se geometrie převádí z jednoho typu softwaru do druhého.

Jinak tomu není ani při převádění geometrie mezi tradičními a specializovanými CAD aplikacemi. Ano, i zde dochází ke stejným problémům. Výsledkem je ztracený čas konstruktéra a zpoždění projektu.

Konstruktéři mohou využívat tradiční CAD aplikace spolu se specializovanými, které umožňují generativní návrh, ale nese to s sebou významné komplikace digitálního pracovního postupu. Není možné používat současně parametrické, přímé a facetové modelování, což práci výrazně zpomaluje a omezuje. Oprava dat při převodu mezi těmito dvěma softwarovými aplikacemi je rovněž časově náročná. I když generativní návrh v rámci vývoje nabízí řadu výhod, může být jeho využití znemožněno komplikovanými procesy, které by byly nezbytné při využívání dvou nezávislých softwarových aplikací.

SHRNUTÍ

ŘEŠENÍ S JEDNOU APLIKACÍ

V loňském roce řada CAD aplikací rozšířila své funkce tak, aby umožňovaly parametrické, přímé a facetové modelování. Dopady na generativní návrh jsou naprosto klíčové.

Když potřebují konstruktéři z výsledku generativního návrhu vytvořit geometrii s reprezentací hranic, je to výrazně jednodušší. Všechny funkce modelování jsou dostupné v jednom prostředí, takže konstruktéři mají vždy přístup k nástroji, který v dané situaci potřebují.

Kromě toho není vždy nutné, aby konstruktéři převáděli návrhy vytvořené pomocí generativního návrhu na geometrii s reprezentací hranic. Facetové modelování obsahuje nástroje, jimiž lze návrh upravit i bez těchto zbytečných kroků. To platí obzvláště u komponent vyráběných pomocí 3D tisku, které také využívá síťovou geometrii.

Zásadním bodem jsou v těchto scénářích činnosti, jimž se může inženýr díky této nové třídě CAD aplikací vyhnout: *výměna konstrukčních dat*. Protože jsou všechny tyto funkce součástí jednoho prostředí, není třeba 3D data, síťovanou geometrii ani reprezentaci hranic převádět mezi různými softwarovými aplikacemi. Veškerou práci lze provést v jednom prostředí. Konstruktéři tak nemusí trávit čas opravami geometrie. Místo toho se mohou soustředit na návrh.

Celkově je spojení facetového modelování s parametrickým a přímým modelováním zásadním průlomem pro konstruktéry, kteří chtějí v rámci vývoje využít generativní návrh. Tento přístup odstraňuje řadu problémů a umožňuje konstruktérům zaměřit se na samotný návrh.



SHRNUTÍ A ZÁVĚR

V současnosti jsou konstruktéři ve vývojových odděleních pod velkým tlakem. Vývojové práce jsou ze své podstaty volatilní, protože chyby mohou způsobit zpoždění aktuálních projektů. Do výrobků se integrují stále složitější technologie. Konstruktéři musí dokázat spolupracovat lépe než kdykoliv předtím. Termíny se neustále zkracují. Kvůli celé řadě zodpovědností mají konstruktéři často čas nalézt pouze první vhodné řešení a ostatní možnosti již nezkoumají.

GENERATIVNÍ NÁVRH V RÁMCI VÝVOJE

Generativní návrh je funkcí CAD aplikací, která dokáže samostatně generovat různé varianty návrhu podle zadaných omezení. Po skončení si mohou konstruktéři vybrat, které koncepty chtějí prozkoumat podrobněji. Tím se urychlí vývoj, aniž by byla vyžadována pozornost konstruktéra. Nezapomeňte, že výstupem generativního návrhu je síťová geometrie, s níž lze pracovat pouze pomocí funkcí facetového modelování. To je obzvláště důležité s přihlédnutím k faktu, že výsledný design se má použít i ve zbývajících částech vývojového procesu.

V rámci koncepčního návrhu přináší generativní návrh řadu výhod. Konstruktéři jej mohou využít k prozkoumání široké škály alternativ již v časných fázích, kdy se dají požadavky ještě měnit. Během detailní konstrukce lze generativní návrh využít k odladění geometrie tak, aby byl nalezen kompromis mezi protichůdnými požadavky na statické zatížení, náklady či rezonanční frekvence.

TECHNOLOGICKÁ ŘEŠENÍ

CAD aplikace používané k tvorbě 3D modelů využívají kombinaci parametrického a přímého modelování, ale neobsahují podporu pro facetové modelování. Vzhledem k tomu, že většina CAD aplikací není schopna pracovat se síťovou geometrií, konstruktéři jsou nuceni použít pro facetové modelování jiná řešení. Konstruktéři mohou tyto aplikace používat současně, nemohou však využívat jejich vzájemného propojení a musí řešit problémy s převodem dat.

Řada CAD aplikací však rozšířila své funkce tak, aby umožňovaly parametrické, přímé a facetové modelování v jednom prostředí. Tato řešení umožňují konstruktérům vyhnout se problémům spojeným s používáním dvou aplikací.

NĚKOLIK SLOV NA ZÁVĚR

Generativní návrh nabízí způsob, jak dnešním konstruktérům uvolnit ruce. Jeho výhody však mohou být znehodnoceny problémy spojenými s využíváním dvou samostatných aplikací pro modelování. CAD aplikace, které umožňují souběžné parametrické, přímé a facetové modelování však konstruktérům umožňují využít plný potenciál generativního návrhu.

© 2017 LC-Insights LLC

Chad Jackson je analytik a blogger v agentuře [Lifecycle Insights](https://lifecycleinsights.com), která provádí výzkumy moderních inženýrských technologií, například CAD, CAE, PDM a PLM. chad.jackson@lifecycleinsights.com.

