

# Konstrukční modifikace tělesa zadní nápravy

V době, kdy jsou finální výrobci automobilů a následně jejich dodavatelské řetězce vystaveny stále silnějším tlakům volného trhu, se kritickými parametry konkurenceschopnosti bezesporu stávají cena výrobku, jeho kvalita a dodací termíny. O těchto klíčových parametrech se rozhoduje již v úvodních fázích vývoje výrobku.

V důsledku v úvodu nastíněné situace jsou výrobci stále více motivováni k hledání nových metod práce, k využívání nových technologií a postupů, které jim v konečném důsledku umožní obstát v tvrdém konkurenčním prostředí. Proto nezastupitelnou úlohu ve fázi vzniku výrobku hraje dodavatelský inženýring, který poskytuje výrobcům možnost využít kvalitní externí zdroje v době nedostatku vlastní kapacity nebo při absenci speciálních znalostí a know-how potřebného

parametrů nápravy, tzn. pevnosti a životnosti při současné redukci výrobních nákladů tělesa nápravy.

V úvodní fázi projektu vznikl virtuální prototyp tělesa, který byl následně využit pro řešení modální, statické a harmonické analýzy ve variantě odlévaného a svařovaného tělesa nápravy. Virtuální model byl využit pro porovnání dvou typů náprav (standardní/tandemová), k nalezení modálních frekvencí a modálních tvarů, stanovení rozložení napjatosti v tělese nápravy, určení



Deformace tělesa nápravy

pro řešení vlastního vývojového projektu. Příkladem takové spolupráce může být projekt modifikace tělesa zadní nápravy nákladního automobilu a autobusu, který firma AV Engineering, a. s. řešila formou dodavatelského inženýringu pro společnost Vamco.

Náprava s charakteristickým zatížením 13 tun je obvyklá pro použití v nákladních automobilech a autobusech. Kombinace standardní a tandemové nápravy umožňuje splnit požadované limity na zatížení zadní nápravy vozidel. Hlavním cílem vývojového projektu bylo proto nahrazení původní konstrukce odlévaného tělesa nápravy za svařované těleso při zachování hlavních

sil působících na vodící tyče, návrh umístění tenzorů pro verifikační měření a provedení odhadu životnosti pro jednotlivá zátěžová spektra. Vlastní stavba a ověření virtuálního prototypu zahrnovala všechny podstatné modifikace konstrukce pro splnění podmínek stejné pevnosti a životnosti konstrukce tělesa zadní nápravy, optimalizace jeho funkce a redukci výrobních nákladů.

## Geometrický a strukturální model

Geometrický model tělesa nápravy obsahoval samotné těleso nápravy, horní, dolní a centrální držáky, vodící tyče, pérování a kola.

Strukturální prostorový model obsahoval solid elementy (10uzlové tetrahedron), prutové elementy (2uzlové lines) a elementy typu pružina. Následně byla automaticky vygenerována objemová síť. Strukturální model zahrnoval přibližně 200 000 elementů a 350 000 uzlů

následně vyhodnocení životnosti konstrukce.

## Použité materiály

Originální konstrukce tělesa nápravy byla zhotovena z materiálu GGG 60. Svařovaná konstrukce tělesa byla



Geometrický a strukturální model nápravy

(1 100 000 DOFs). Všechny objemové části (těleso nápravy, držáky) byly spojeny v místě šroubů. Efekt listového pérování byl modelován definovanou tuhostí vzhledem k rámu vozidla. Model zahrnoval mimo jiné také funkci listových per, vodících tyčí a dorazů uložení včetně kol, náprav a převodů.

Strukturální model byl následně využit pro řešení statických a harmonických zátěžných stavů, především vertikální zatížení, příčné zatáčení, dopředné brzdění a brzdění při couvání. Pro vlastní harmonické zatížení byly použity harmonické síly s definovanou frekvencí. Každé harmonické buzení bylo řešeno v pěti hladinách a sloužilo jako vstup pro

navržena z materiálů St52-3, B107, SAE 1043, SAE 1030, ERD 6252, C15 DIN 1017.

Lineární analýza strukturálního modelu s kritériem konvergence na zbytkové síly byla použita pro vlastní FEM řešení. To znamená, že sledovaným kritériem je poměr zbytkových sil ve struktuře a reakčních sil působících na strukturu, tedy  $|Residual\ force| / |Reaction\ force|$ . Tento poměr musí splňovat definovanou toleranci výpočtu konstrukce  $< 10\%$ .

## Výsledky

### Modální analýza

Modální analýza byla provedena pro standard a tandem konfiguraci zadní nápravy a byly nalezeny vlastní tvary a frekvence. První a druhá vlastní frekvence (5 Hz a 8 Hz) odpovídá kmitání soustavy na pérování vozidla. Třetí frekvence odpovídá ohybovému tvaru v horizontální rovině nápravy (37 - 40 Hz).

Na základě provedené modální analýzy bylo zjištěno, že modální

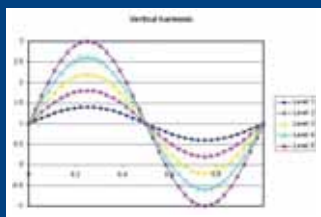


Napjatost tělesa nápravy

chování svařované konstrukce je shodné s modálním chováním originální odlévané konstrukce tělesa nápravy a je splněn požadavek na shodné chování tělesa nápravy z pohledu dynamického chování vozidla (NVH). Analýza také potvrdila zanedbatelné rozdíly z pohledu modálních frekvencí mezi variantou standard a tandem.

#### Statická a harmonická analýza

Statická simulace byla provedena pro standard a tandem provedení při odlévané a svařované konstrukci tělesa nápravy. Sledovanými veličinami statické simulace byly deformace



Harmonické zatížení nápravy

a jejich složky, redukované na hlavní napětí přes model a v kritických místech konstrukce. Další součástí analýzy bylo nalezení a porovnání reakčních sil a napětí ve vodičích tyčích. Byla specifikována charakteristická místa pro umístění snímačů deformací a napětí pro následná verifikační měření modelu.

Výsledky analýzy ukázaly zanedbatelné rozdíly mezi variantou standard a tandem geometrie, a to z pohledu deformací i napětí, a proto následné harmonické simulace byly řešeny pouze pro geometrii tandem. Svařovaná geometrie prokázala určitá kritická místa konstrukce, proto bylo třeba provést další iterace v konstrukčním řešení s cílem zlepšit chování svařované konstrukce. Napěťové tenzory, redukované napětí Von Mises a hodnoty maximálních hlavních napětí pro vybraná kritická místa byla sumarizována a použita pro hodnocení životnosti konstrukce.

#### Citlivostní studie

V rámci citlivostní studie byl sledován vliv přídavného vyztužení, jeho umístění, změny tloušťky stěn a polohy žebek na chování prototypu v zátěžných stavech. Výsledkem studie byla finální optimalizovaná geometrie svařované konstrukce tělesa nápravy.

#### Odhad životnosti

Na základě provedených harmonických analýz pro všechny jednotlivé zátěžné stavy a jednotlivá kritická místa bylo možno provést kvalitní odhad životnosti konstrukce (E-N křivky, pro svařové spoje S-N křivky a přístup BS standard).

#### Závěrem

Výsledky výše popsaného projektu dávají odpověď na základní otázku, zda je možno odlévané těleso nápravy nahradit nákladově přijatelnější svařovanou konstrukcí. Provedené analýzy prokázaly, že modální chování svařované konstrukce, hodnoty deformací a napětí jsou shodné s chováním odlévané varianty tělesa - základní požadavky byly tedy splněny. Díky citlivostní studii byly nalezeny vlivy jednotlivých parametrů svařované konstrukce, které bylo možno využít pro následnou optimalizaci konstrukčního řešení svařovaného tělesa. Finální zkoušky fyzického prototypu na testovacím polygonu a dynamické vibrační zkoušky jednoznačně potvrdily výsledky analýz provedených na virtuálním prototypu.



Rozložení napjatosti hlavního nosného průřezu tělesa před a po optimalizaci

V současné době je tedy možno díky dostupnosti znalostí, zkušeností a technologií nahradit fyzický výrobek kvalitním virtuálním prototypem, simulovat jeho chování a optimalizovat funkci v reálných zátěžových podmínkách bez nutnosti výroby množství fyzických prototypů. To v konečném důsledku vede k zrychlení vývojových fází, snížení nákladů na vývoj nového výrobku a k zajištění jeho lepší funkce a kvality. Pro zpracování projektu byly použity technologie Pro/ENGINEER (stavba 3D CAD virtuálního modelu, tvorba sítě), MSC.Marc (FEM analýzy), MSC.Mentat (pre- a postprocessing) a Skala (hodnocení životnosti).

Jaroslav Malý



# Dodavatel vývojových služeb do automobilového průmyslu



Pohonné jednotky



Tvarové díly



Montážní přípravky



Kontrolní přípravky



Manipulátory



Analýzy mechanismů



Simulace a optimalizace

AV ENGINEERING, a. s.

e-mail: info@aveng.cz

www.aveng.cz