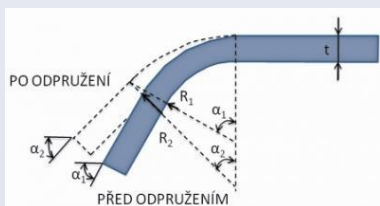


## Abstrakt

Předkládaná disertační práce se zaměřuje na vyřešení technologického problému odpružení v oblasti plošného tváření a na analýzu příčin, které tento jev ovlivňují. Hlavním cílem disertační práce je návrh modifikovaného řešení současného přístupu k problematice odpružení. Jedná se zejména o návrh metodiky pro analýzu a kompenzaci odpružení s využitím numerických simulací. Motivací hlavního cíle disertační práce je současný neefektivní přístup k problematice odpružení v praxi. Na základě současného přístupu vznikají nadměrné časové a finanční náklady na korekce lisovacího nářadí. Ty ne vždy vedou k jednoznačnému zlepšení výsledné přesnosti výlisků. Ke splnění hlavního cíle disertační práce slouží dílčí cíle práce, resp. vlastní rešerše problematiky a vlastní experimenty. V nich je pozornost věnována okrajovým podmínkám lisovacího procesu, které jev odpružení více či méně ovlivňují. Navržená metodika je následně ověřována na skutečných dílech karoserie. Dizertační práce je prováděna ve spolupráci s oddělením konstrukce lisovacího nářadí ve společnosti ŠKODA AUTO, a.s., kde je navržené modifikované řešení současného stavu využíváno ke zvýšení kvality a přesnosti lisovacího procesu částí karoserie.

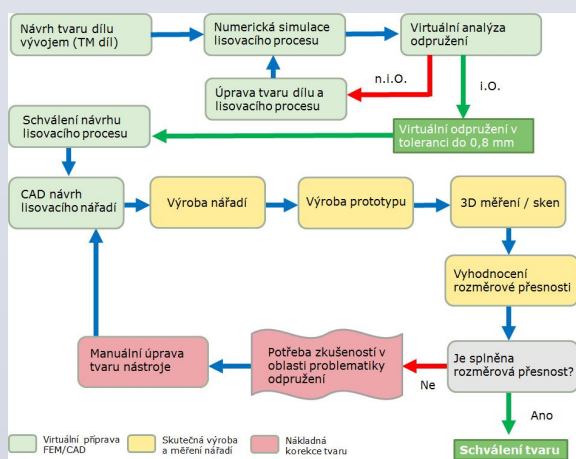
## Úvod do problematiky

Jedním z velmi zásadních defektů, který provází lisovací procesy a stále nebyl dostatečně popsán, je geometrická nestabilita procesu, způsobená odpružením materiálu. Termín „odpružení materiálu“ je definován jako geometrická vada, která vzniká po uvolnění působících sil tvářecích nástrojů. U tažných procesů dochází ke komplexnímu průběhu deformace a vzájemnému ovlivnění různých typů odpružení. I v jednoduchých tažných operacích, kde přetvoření materiálu nedosahuje deformací hlubokých tahů, je popis vzniku odpružení velice obtížný. U tvarově složitých dílů je podrobný popis problematiky odpružení bez pomoci numerických simulací prakticky nemožný.



Obr. 1 – ukázka principu odpružení na příkladu jednoduchého ohybu přes ohybovou hranu

Současný přístup (viz schéma na obr. 2) k problematice odpružení není stále efektivní a to i přes dnes rozšířené možnosti ve využití numerických metod výpočtu. V současnosti je při výrobě lisovacího nářadí prováděno velké množství časové a finančně nákladných korekcí z důvodu špatné rozměrové přesnosti výlisků.



Obr. 2 – současný přístup praxe k problematice odpružení

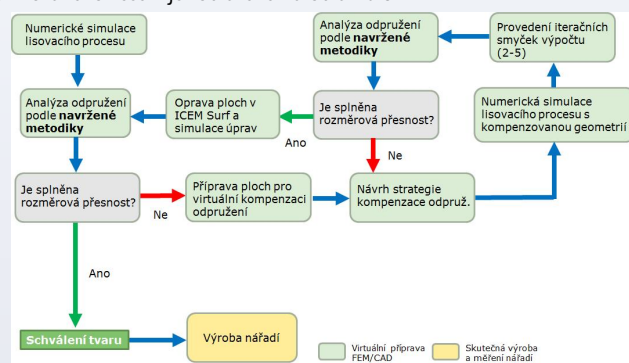
## Cíle práce

Hlavním cílem dizertační práce je návrh modifikovaného řešení současného přístupu k problematice odpružení. V rámci modifikovaného řešení byla navržena metodika analýzy a kompenzace odpružení s využitím numerických simulací. Hlavními cíli práce bylo dosaženo pomocí následujících dílčích cílů práce:

- *Objasnění problematiky vzniku odpružení*
- *Ověření modifikovaného řešení přístupu k problematice odpružení*
- *Porovnání současného a modifikovaného řešení přístupu k problematice odpružení*

## Modifikované řešení

V rámci disertační práce bylo navrženo modifikované řešení ve formě metodiky pro analýzu a kompenzaci odpružení. Metodika se opírá o využití numerických simulací a virtuálního kompenzačního modulu, který má za cíl eliminovat odpružení materiálu ještě v předvýrobní fázi projektu. Stručné schéma modifikovaného řešení je zobrazeno na obrázku 3.

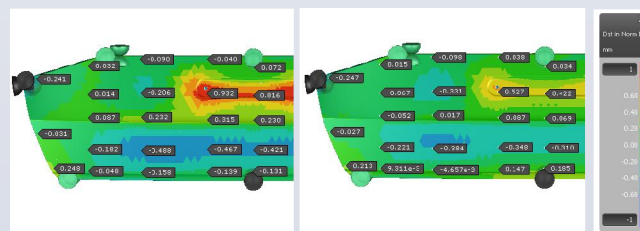


Obr. 3 – Schéma modifikovaného řešení v přístupu k problematice odpružení

Na velikost odpružení má významný vliv samotné nastavení numerické simulace. Cílem virtuálního výpočtu je se co nejvíce přiblížit reálnému lisovacímu procesu. Tedy zjednodušovat okrajové podmínky lisovacího procesu a jejich výpočtu co nejméně. V rámci práce byl navržen kontrolní list numerické simulace. Jeho aplikace slouží k přehlednému ověření nastavení numerické simulace, zda byly dodrženy všechny potřebné úkony a nastavení k docílení co nejmenší velikosti odpružení. Kontrolní list obsahuje definici nastavení výpočetní sítě MKP, procesních parametrů lisovacího procesu a materiálového modelu.

## Ověření navržené metodiky

Pro zhodnocení přínosu modifikovaného řešení bylo nutné navrženou metodiku ověřit. Ta byla ověřována na třech dílech o různé složitosti tvaru a lisovacího procesu. Výsledné zhodnocení celkové aplikovatelnosti je zobrazené na schématu na obr. 5. Pro příklad je uvedeno porovnání výchozího stavu odpružení (obr. 4 vlevo) a stavu odpružení po aplikaci navržené metodiky (obr. 4 vpravo).



Obr. 4 – Ověření navržené metodiky na díle spodních pátých dveří vozu SEAT Ateca.

Třída složitosti	Kompenzace odpružení
	Plošné Obvodové
I Těžší (Vypínání) Ořez a dřevování Otváření	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>
II Těžší Ořez a dřevování Dotvarování bez klínů	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>
III Těžší Ořez a dřevování Dotvarování pomocí klínů	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>
Lem. Lepení Svarování Nakupované díly	<input type="radio"/> <input type="radio"/>

Obr. 5 – Aplikovatelnost navrženého modifikovaného řešení na skutečné díly, rozdělené do kategorií podle složitosti tvaru a lisovacího procesu

## Závěr

Navržené modifikované řešení v přístupu k problematice odpružení má v praxi jednoznačný přínos. V rámci práce byla aplikovatelnost s pozitivními výsledky úspěšně ověřena na dílech první a druhé kategorie výlisků. Na nejsložitější díly třetí kategorie, jako např. díl blatníku, není současně možné navrženou metodiku úspěšně aplikovat. Důvodem je zejména virtuální kompenzace odpružení, která je vzhledem ke složitě geometrii dílu velmi komplikovaná. Navržením modifikovaného řešení a jeho ověřením byl splněn hlavní cíl disertační práce.