

# Digitální prototyp Autodesk Simulation Moldflow

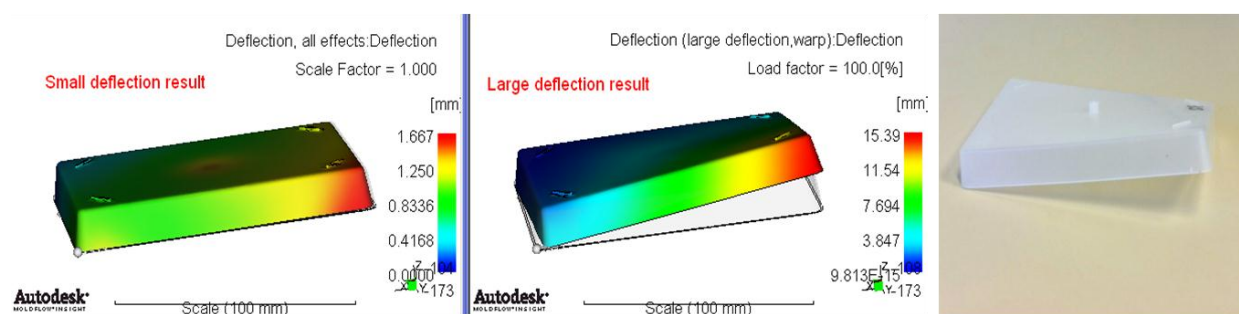
Petr Halaška, SMARTPLAST

## 1. Úvod

Digitální prototyp Autodesk Simulation Moldflow umožňuje optimalizaci vstřikovacího procesu plastů. Od optimalizace designu samotného výrobku přes nastavení vstřikovacího stroje a výběru nejvhodnějšího plastu až po optimalizaci výrobního nástroje, tzn. vstřikovací formy. A to po stránce technologické i pevnostní. Kromě základních analýz můžeme analyzovat následující problémy: Velké deformace, kdy dochází ke ztrátě stability tvaru vstřikovaného dílu. Stav reziduální napjatosti v plastovém dílu. Orientaci dlouhých vláken, kterými je plast naplněn a jejich lámání v průběhu vstřikovacího procesu. Transientní chlazení (v závislosti na čase) v celém objemu vstřikovací formy. Technologie vstřikování 2K, GIT, CIM. Deformace zástrčíků, případně částí vstřikovací formy působením tlaku taveniny ve formě. (více na [www.smartplast.cz](http://www.smartplast.cz), rubrika Odborné články)

## 2. Velké deformace

„Velké a malé deformace“ je název typu analýzy, který přímo nesouvisí se skutečnou velikostí deformace. Analýzou „malých deformací“ je myšlena lineárně elastická deformace ortotropního materiálového modelu. Ten je použit v případě polymeru plněného skleněnými vlákny. V případě polymeru bez vláken je použit isotropní materiálový model. V případě „velkých deformací“ jsou použity stejné materiálové modely, ale počítá se zde se ztrátou stability stěny a deformace vstřikovaného dílu tak mohou být o řád vyšší. (obr.1). Tento výpočtový model je vhodný zejména pro duté tvary, vyztužené žebrováním, kdy dochází ke ztrátě stability stěny vstřikovaného dílu vlivem reziduálního napětí po vyhození z dutiny formy.

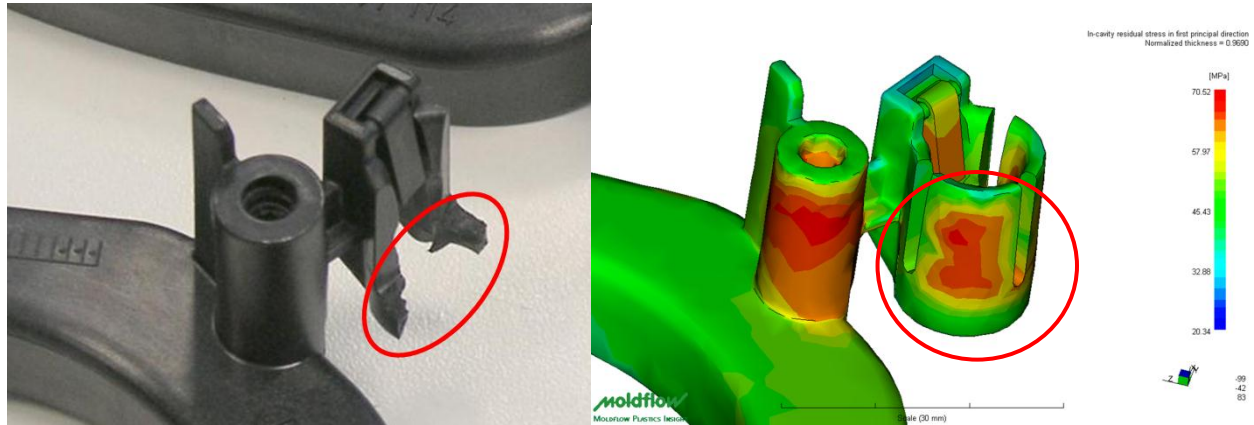


Obr. 1: Analýza vstřikovaného dílu, „malé deformace“, „velké deformace“, srovnání s realitou.

## 3. Stav reziduální napjatosti

Reziduální napětí jsou mechanická napětí vznikající ve výstřiku bez působení vnitřních sil. Jsou jedněmi z napětí generovaných ve výstřiku v průběhu vstřikovacího cyklu. Zůstávají ve výstřiku i po vyhození z dutiny formy, kdy se výstřik ochlazuje na teplotu okolí. Reziduální napětí způsobují deformaci a smrštění výstřiku a mají také vliv na napěťové trhliny působením environmentálního zatížení-UV záření, teplotní šoky, tenzoaktivní látky. (obr. 2). Jsou indukována v průběhu vstřikovacího procesu jako výsledek rozdílného smrštění a omezeného toku taveniny uvnitř dutiny formy. Reziduální napětí ve výstřicích jsou výsledkem tokové, teplotní a tlakové historie a jsou klasifikována do dvou základních typů: tokově

indukované napětí a teplotně indukované napětí. Analýza reziduálních napětí je nezbytná u dílů, které jsou silně mechanicky namáhány, vystaveny tenzoaktivnímu prostředí nebo střídání teplotního zatížení. Reziduální napětí lze přenést do FEM řešičů pro mechanické a teplotní úlohy. (více na [www.smartplast.cz](http://www.smartplast.cz), rubrika Odborné články)

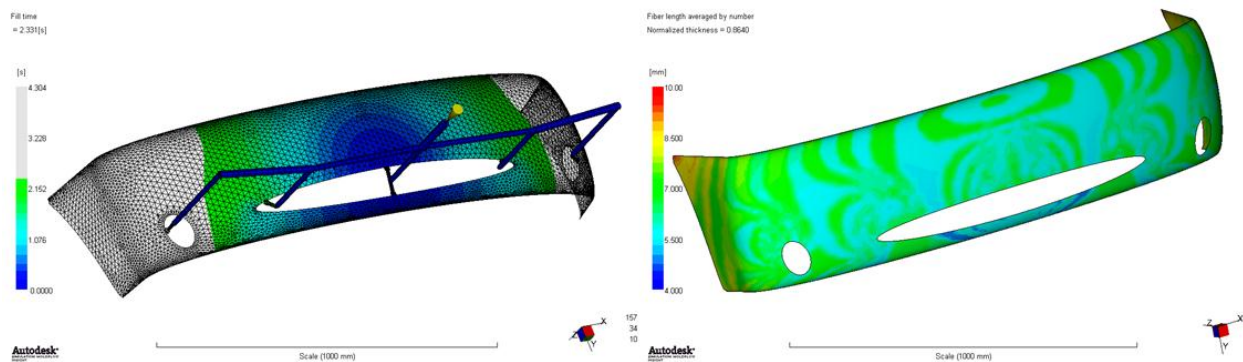


Obr. 2: Lom plastového dílu

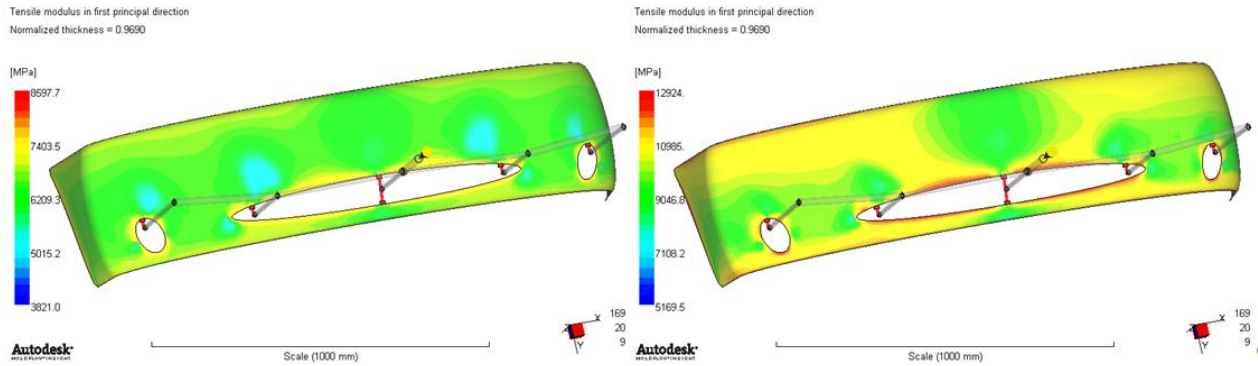
Analýza reziduálního napětí, napětová špička.

#### 4. Orientace dlouhých vláken

Orientace vláken při vstřikování má významný vliv na mechanické chování plastového dílu. Skleněná vlákna u vstřikovaných dílů vnáší do polymerní matrice silnou anizotropii (rozdílné vlastnosti v různých směrech). Abychom mohli správně a hlavně co nejpřesněji vyhodnotit deformační analýzu a crash testy dílů vstřikovaných z těchto polymerů, je nutno tuto anizotropii na vstupu popsat. Popsat anizotropii znamená určit orientaci skleněných vláken po naplnění dutiny vstřikovací formy a následně tuto orientaci převést na materiálové vlastnosti, jako jsou modul pružnosti v tahu a smyku a Poissonovo číslo (obr. 4). Tyto veličiny pak popisují nelineární elastické chování daného polymeru pro nízké rychlosti deformace. U dlouhých skleněných vláken dochází při průchodu plastikační jednotkou, vtokovým systémem a dutinou formy k lámání působením rozdílu v hodnotách rychlosti smykové deformace v průřezu stěny dílu (obr. 3). Tento jev popisuje analýza distribuce délky skleněných vláken ve stěně vstřikovaného dílu. (více na [www.smartplast.cz](http://www.smartplast.cz), rubrika Odborné články)



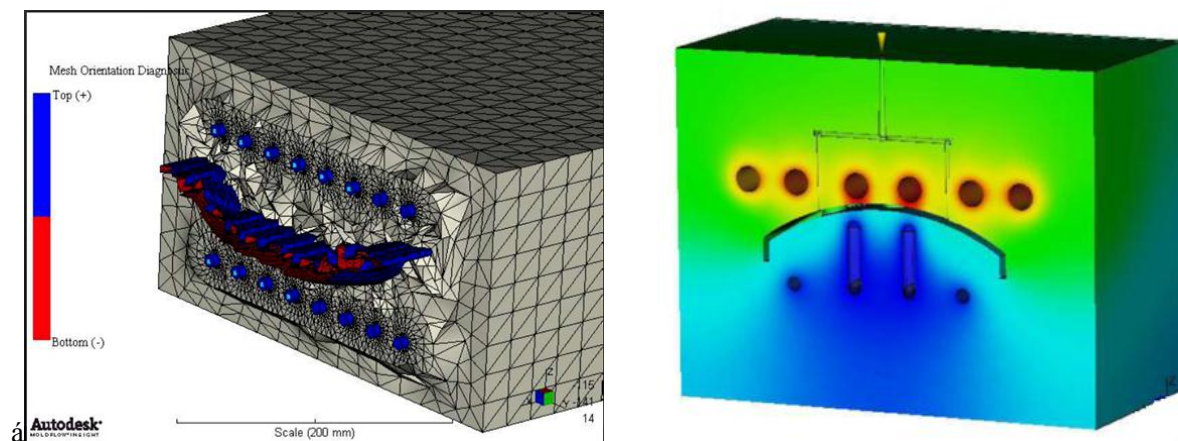
Obr. 3: Plnění dutiny formy nárazníku a změna délky dlouhých skleněných vláken (původní délka 10mm).



Obr. 4: Modul pružnosti krátká skleněná vlákna a dlouhá skleněná vlákna.

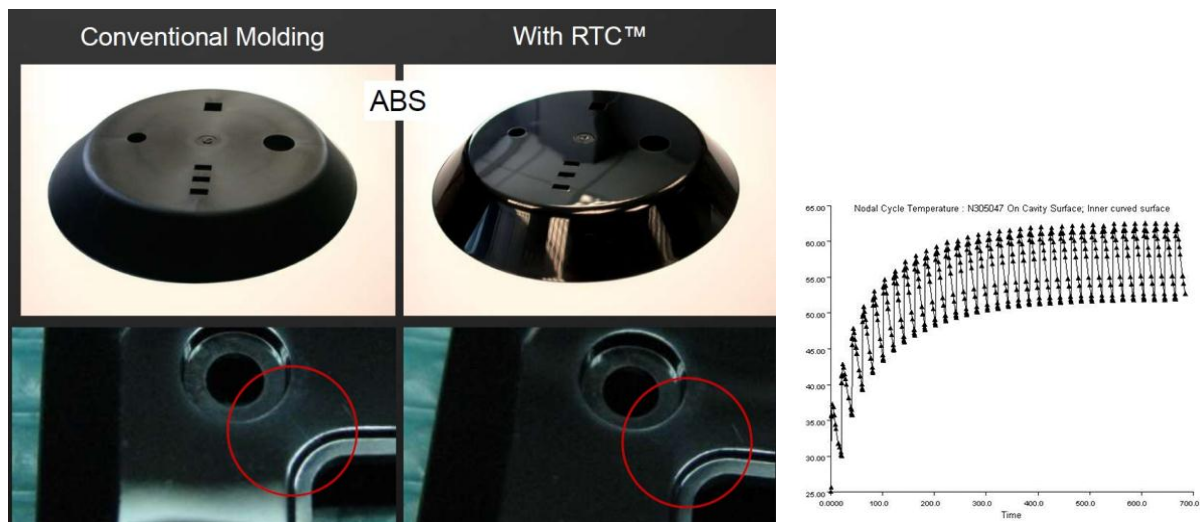
## 5. Transientní chlazení v plném objemu nástroje a RHCT

Jestliže máme vytvořenu sestavu vstřikovací formy, můžeme začít analyzovat její chlazení. Poloha chladicích kanálů a chladicích prvků má zásadní vliv na teplotní pole dutiny vstřikovací formy. Homogenita teplotního pole a tedy velikost teplotních rozdílů určuje kvalitu a následnou deformaci plastového dílu. V Autodesk Moldflow Insight kromě standardních analýz teplotního pole s 1D chladicími prvky a výpočtem chlazení v ustáleném stavu můžeme analýzu provést v objemu celé formy nebo tvarové vložky s výpočtem teplotního pole v závislosti na čase cyklu (obr. 5). Výpočet může být také proveden od studeného startu až po ustálený stav teplotního pole po např. 50 vstřikovacích cyklech.



Obr. 5: Transientní chlazení v celém objemu vstřikovací formy s využitím RHCT.

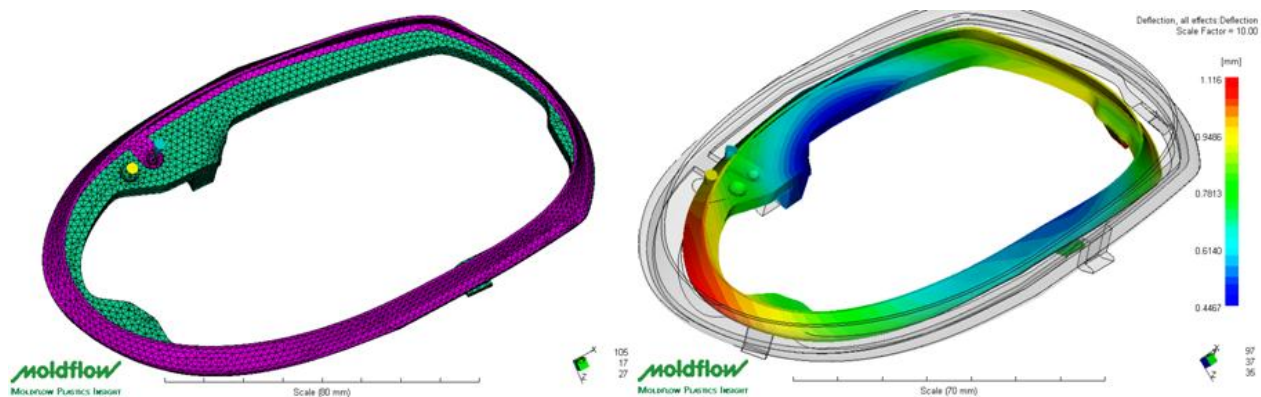
Další možností je analýza RHCT (Rapid Heating and Cooling Technology) umožňující simulaci dynamického ohřevu formy na teplotu blízkou teplotě tání polymeru při plnění dutiny a následného chlazení. Tato technologie umožní pianový lesk dílu a potlačení studených spojů (obr. 6) Můžeme analyzovat RHCT pomocí páry, vody a elektrických vysokovýkonných topných vložek.



Obr. 6: Kvalita povrchu s a bez použití RHCT, výsledek transienční analýzy chlazení do ustáleného stavu.

## 6. Technologie vstřikování 2K, GIT

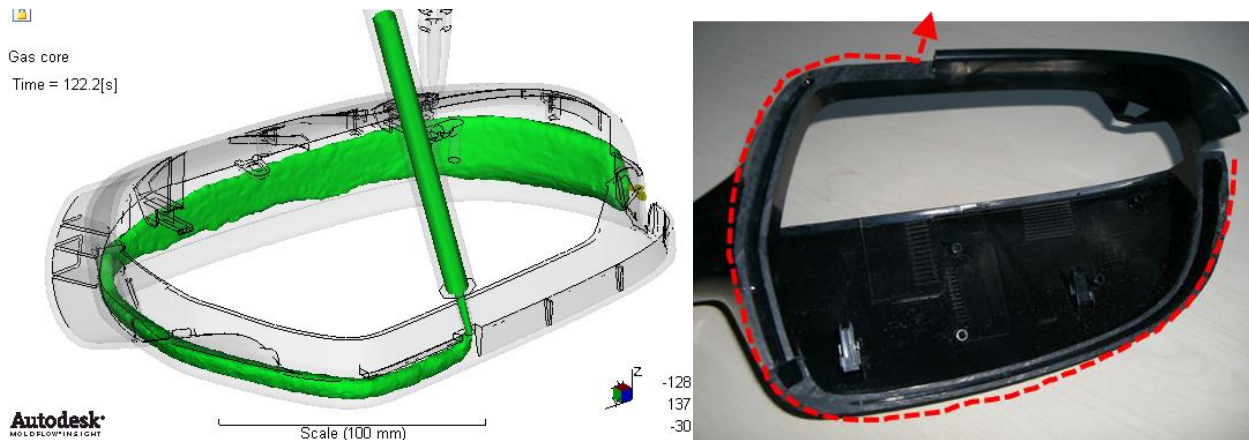
Dvou a více komponentní vstřikování s sebou nese problémy při vzájemném působení vstřikovaných komponent, hlavně působením teplot a tlaků v dutině formy. Můžeme v této oblasti poskytnout výpočty zejména deformací dílu po vyhození z dutiny. Výpočet deformace je proveden pro oba vstřikované polymery, přičemž je zde zahrnuta deformace působením druhého výstřiku na první, respektive jejich vzájemných teplot. (obr. 7)



Obr. 7: Dvoukomponentní vstřikování termoplast a TPE

Deformace obou komponent

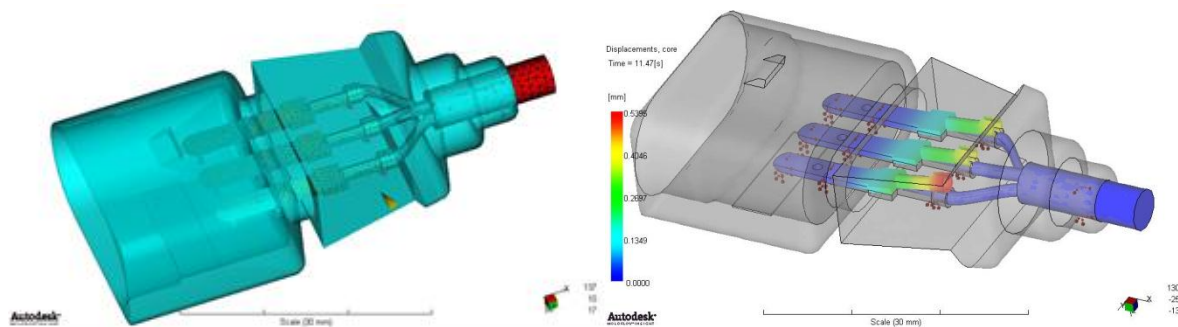
GIT (Gas Injection Technology) je technologie vstřikování s plynem, který se vstřikuje do formy spolu s polymerní taveninou a vytváří tak uvnitř dílu dutinu, která nahrazuje polymer a snižuje hmotnost dílu při zachování dostatečné tuhosti. Je zde použita varianta vstřikování plynu do dutiny formy. Vstřikování probíhá tak, že se nejprve částečně naplní dutina formy taveninou a poté se začne dávkovat plyn. Zde je nutno analyzovat velikost plynové dutiny, která vznikne v závislosti na teplotě taveniny, čase zapnutí plynu a průběhu tlaku plynu v čase (obr. 8). Kdo zkoušel odladit tuto technologii na vstřikovací stroji, ten ví, jak je tato zkouška časově náročná a jak vysoké jsou náklady na ni. V Autodesk Moldflow Insight lze toto odladění technologie provést ve virtuální realitě Digitálního prototypu. (více na [www.smartplast.cz](http://www.smartplast.cz), rubrika Odborné články)



Obr. 8: GIT analýza a optimalizace plynové dutiny rámu zpětného zrcátka automobilu.

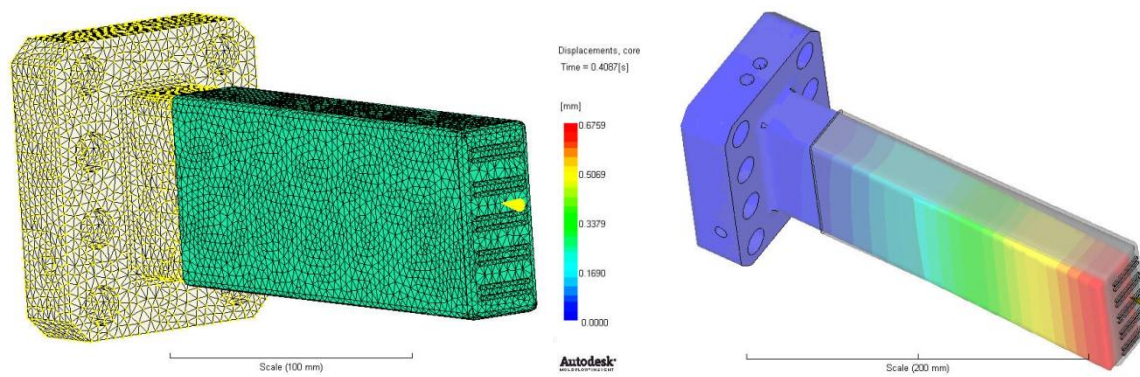
## 7. Deformace zástríků a částí vstříkovací formy

V této části jsme pokročili k pevnostním analýzám vstříkovací formy a zástríků. Autodesk Moldflow Insight umožňuje také výpočet deformace zástríkových dílů jak plastových, tak kovových, vznikajících působením tlaku a dotlaku taveniny v dutině formy (obr. 9). Toto je obzvláště vhodné pro elektrotechnické a elektronické součástky, kde jsou zástríknuty vodivé dráhy apod. Na základě těchto výpočtů může být optimalizován vtokový systém a vstříkovací parametry tak, aby deformace byla minimální.



Obr. 9: Deformace a posunutí kontaktů vlivem tlaku taveniny v dutině formy.

V Autodesk Moldflow Insight je také možno analyzovat vliv tvarových částí forem působením tlaku a dotlaku taveniny na exponované díly v sestavě dutiny formy (obr. 10). Výpočet se provádí přímo v AMI modulu. Jsme schopni optimalizovat jak vtokovou soustavu a vstříkovací parametry, tak také design dílu nebo tvarové části formy. Kromě deformace tvaru můžeme také spočítat Von Misesovo napětí a hlavně změnu tloušťky stěny vstříkovaného dílu vlivem deformace tvarové části formy. (více na [www.smartplast.cz](http://www.smartplast.cz), rubrika Odborné články)



*Obr. 10: Tvárník ve formě (žluté uzly) a deformace tvárníku působením tlaku taveniny v dutině formy.*