

Vnitřní napětí v plastovém výrobku

Vstřikované plastové výrobky mají různou úroveň vnitřního (zbytkového) napětí. Vnitřní napětí ovlivňuje kvalitu výrobku, především pak jeho pevnost, rozměrovou přesnost a u transparentních dílů vznik případných vzhledových závad. Simulační software Cadmould® 3D-F německé firmy Simcon GmbH poskytuje tři různé metody pro posouzení vnitřního napětí: napětí von Mises (k dispozici jsou buďto maximální napětí von Mises nebo napětí von Mises v různých vzdálenostech po tloušťce stěny od jejího povrchu), hydrostatické napětí a dvojlom*. Vyhodnocení vnitřních napětí předchází a doplňuje ještě simulační výpočet momentálních smykových napětí.

Napětí mezi částicemi taveniny vzniká již během plnicí fáze vstřikovacího procesu ve vtokovém systému a ve tvarové dutině vstřikovací formy. Je způsobeno orientací makromolekul ve směru proudění taveniny a rozdílnou rychlostí proudění jednotlivých vrstev polymerní taveniny vzhledem k průměru kanálu nebo tloušťce stěny dílu. Plastové taveniny vykazují různou odolnost vůči takto vytvářenému napětí. Pokud by došlo k výraznějšímu přestoupení limitní hodnoty po relativně delší dobu působení napětí, pak by hrozilo např. nebezpečí narušení makromolekul doprovázené vznikem vzhledových závad a zhoršením mechanických vlastností u konečného výrobku.

Přestoupení limitních hodnot napětí může nastat v zakončení horké trysky včetně jejího ústí, v poddimenzovaných studených vtokových kanálech, ještě pravděpodobněji v zúžených ústích vtoků do tvarové dutiny formy (především u bodových a tunelových vtoků), ve slabších stěnách dílu a v místech, kde se výrazně zvýší rychlost proudění taveniny (např. v místech posledního plnění tvarové dutiny). Počítačovou analýzou lze odhalit oblasti nepříjemně vysokého napětí a navrhnout různé konstrukční úpravy: použít jiný typ horké trysky, zvětšit velikost ústí vtoku, změnit tloušťku stěn dílu, odstranit kritické ostré hrany na konstrukci atd.

Rovněž vstřikovací rychlost má vliv na hodnotu smykového napětí a vnitřních napětí. Jak příliš pomalé vstřikování tak také příliš rychlé vstřikování může vést ke vzniku nežádoucí úrovně napětíových hodnot. (Mluvíme zde o nežádoucí úrovni, protože naopak určitá míra napětí se podílí na vytváření tepla v proudící tavenině, snižuje gradient poklesu teploty taveniny a pomáhá tak k lepšímu naplnění tvarové dutiny materiálem. Vhodná rychlost proudění a tedy potřebná úroveň napětí zajistí také obvykle rovnoměrnější distribuci teplot taveniny.)

Zatímco smykové napětí vzniká především ve fázi vstřikování, vnitřní (zbytkové) napětí je důsledkem celého vstřikovacího procesu. Vnitřní napětí zůstává uzavřeno v plastovém dílu i po jeho výrobě a ovlivňuje mechanickou pevnost dílu, sklon k dodatečným deformacím (např. při zvýšené aplikační teplotě) a jak bylo výše uvedeno, v některých případech ovlivňuje i vzhledové vlastnosti (transparentní díly).

Vnitřní napětí může způsobit nečekané problémy. Plastové výrobky, samostatné nebo zabudované do výrobních sestav, začnou např. po určité provozní době v některém místě praskat. Tyto praskliny jsou často způsobeny právě vnitřním napětím.

Simulační strukturní (mechanické) analýzy, vyhodnocující pevnost plastových dílů nebo pevnost celých sestav dílů, mohou selhat v těch případech, když do výpočtů, kromě konstrukčních a zátěžových parametrů a případné orientace skleněných vláken, není zahrnuta napětíová složka. K přenosu napětíových veličin, vypočítaných softwarem Cadmould® 3D-F, do strukturálních analýz lze použít výpočtový modul Cadmould® 3D-F Converse.

Přiložené obrázky jsou příkladem vypočítaných vnitřních napětí:

Hodnoty maximálního napětí von Mises po tloušťce stěny dokládá obrázek 1.

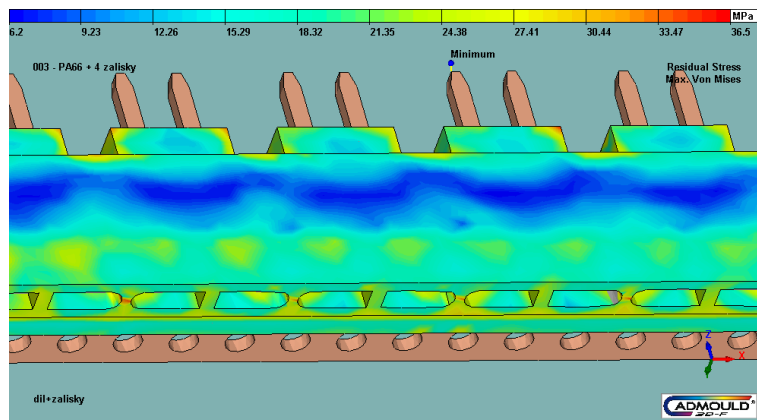
Střední hydrostatické napětí ve stejné části výrobku si můžete prohlédnout na obrázku 2.

Cadmould[®] 3D-F vypočítává také napětový dvojlom, viz obrázek 3. Dvojlom je rozptyl paprsku světla při průchodu anizotropním materiálem. Dvojlom mohou však vykazovat i izotropní materiály, pokud jsou mechanicky namáhané nebo se v jejich taveninách vytváří napětí při proudění a následném chladnutí během vstřikovacího procesu. Výpočet dvojlomu nás bude zajímat především při vstřikování čoček, krytů světel a dalších optických výrobků. Úkolem simulačních analýz může být minimalizace velikosti napětového dvojlomu, a to návrhem konstrukčních úprav dílu, změnou polohy vtoku nebo úpravou technologie.

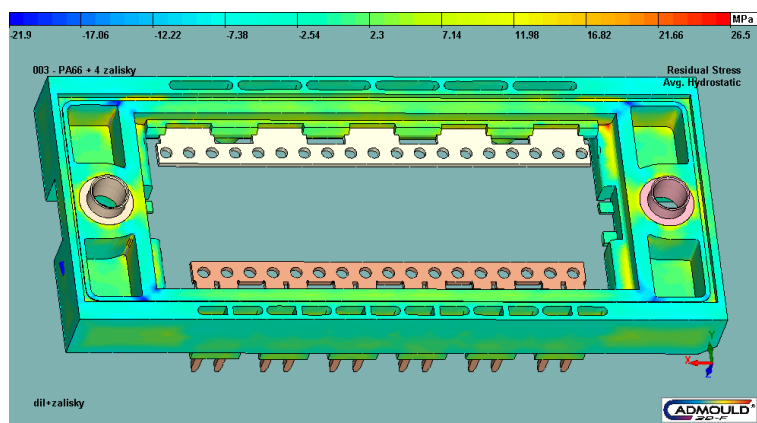
Simulace vnitřních napětí je velmi důležitá, protože u vstřikovaných výrobků nejsou napětí rozpoznatelná, pokud se nejedná o transparentní díly. Jestliže zjistíme nežádoucí hodnoty vnitřních napětí, měli bychom se pokusit je snížit uplatněním různých konstrukčně-technologických zásahů a tím zvýšit kvalitu vstřikovaných výrobků.

Ing. Jiří Gabriel
Plasty Gabriel s. r. o.
www.cadmould.cz

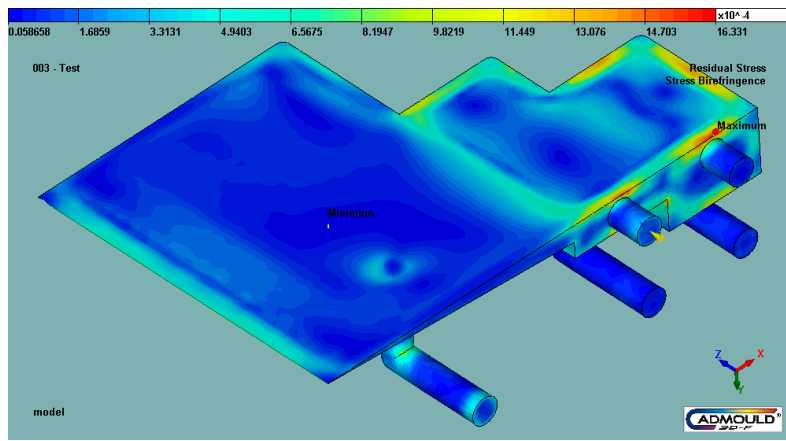
* Fracture Mechanics (With an Introduction to Micromechanics), Dietmar Gross, Thomas Seeling, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011



Obr. 1: Max. von Mises, detail konstrukce



Obr. 2: Střední hydrostatické napětí



Obr. 3: Dvojlom (Analyzovaný díl vykazuje výrazný dvojlom v silnostěnných částech tvaru.)