

# : složitost versus vyrobitelnost

## principy konstrukce plastových výlisků

Rychlý vývoj moderních 3D CAD systémů způsobil evoluční krok v návrhu produktů, jehož výsledkem jsou organičtější formy se vzrůstající složitostí. Příkladem může být změna designu vysavače z klasických hranatých tvarů na moderní zaoblené. Cílem tohoto článku je zaměřit se na nové konstrukční principy a jejich dopad na obrábění a výrobní procesy.

### Stejneměrná tloušťka stěn

Po celou dobu konstrukce se konstruktéři musí snažit udržet stejnou tloušťku stěn na celém modelu. Jakákoliv větší nerovnoměrnost může způsobit problémy typu vnitřních vzduchových kapes, propady povrchu, nepředvídatelná smrštění a konečné fázi prodloužení celého cyklu.

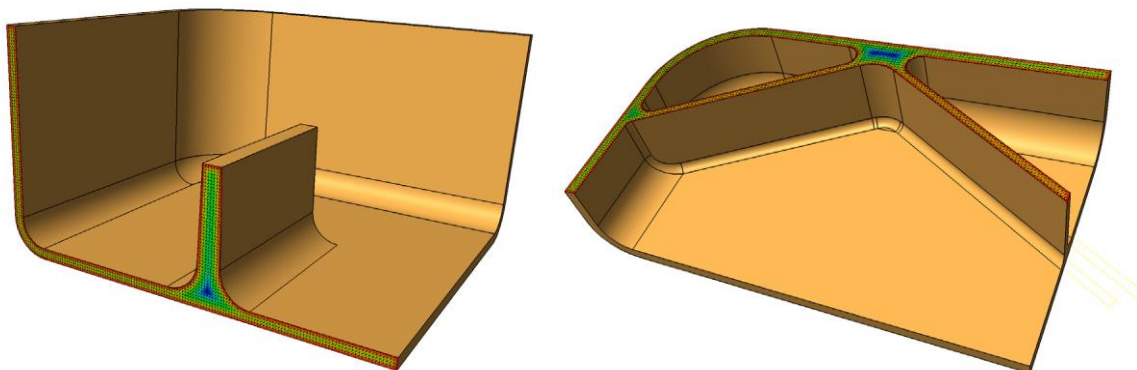
Je-li změna tloušťky nezbytná, měla by být plynulá, aby umožňovala hladký průtok materiálu bez vytváření míst s vnitřním pnutím, které mohou způsobit rozpad dílu a to buď během testování a vynutit si nový návrh dílu nebo přímo při vstřikováním plastu a vyvolat další náklady na úpravu formy.

Včasné odhalení možných problémů vyrobitelnosti pomůže předejít nákladům na změny v konstrukci a nové obrobení a přináší cennou časovou úsporu.

### Konstrukce žeber

Při návrhu žeber je důležité pamatovat na to, že jsou součástí konstrukce jen kvůli zvýšení pevnosti a nemělo by docházet ke kompromisům v estetice výlisku. Konstruktéři obvykle při jejich návrhu postupují podle standardních metod. Je-li to možné, nemělo by docházet ke kombinaci tlustých a tenkých žeber. Zde jsou některé z nejobvyklejších konstrukčních zásad:

- Tloušťka žeber by měla být mezi 60% - 80% tloušťky stěny.
- Maximální výška žebra by neměla být větší než 3 násobek tloušťky stěny. Pro zvýšení pevnosti je lepší zvýšit počet žeber nežli zvětšovat jejich výšku.
- Minimální vzdálenost mezi žebry by měla být dvojnásobkem nominální tloušťky stěny
- Poloměr zaoblení hran žeber by neměl být větší než 50% tloušťky žebra.
- Extrémně tlustá žebra by měla být odstraněna.
- Jako nevhodnější se jeví křížení žeber (pokud to design dovoluje), protože umožňuje větší počet opakovaného zatížení a zajišťuje jeho rovnoměrné rozložení.

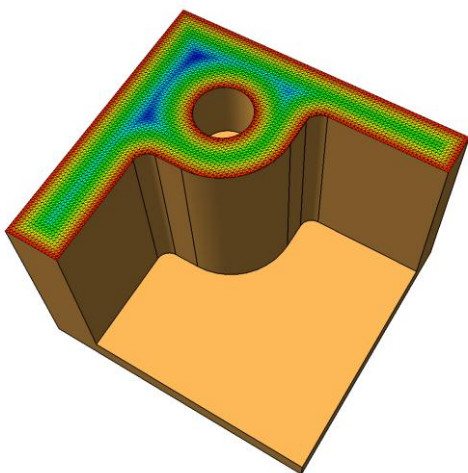


Obr. 1 – Kumulace materiálu může vést ke vzduchovým kapsám nebo poklesům materiálu

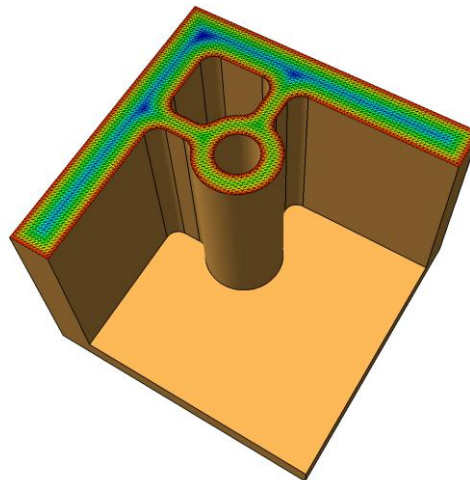
## Konstrukce úchytů

Úchyty jsou jednou ze základních komponent při návrhu plastového dílu. Jednak zvyšují pevnostní kvalitu plastu a také slouží jako spojovací element při tvorbě sestavy. Podobně jako u žeber, i u konstrukce úchytů je třeba zvažovat tloušťku jejich stěn. Následující pravidla pomáhají se vyhnout povrchovým nedokonalostem jako jsou vnitřní kapsy, známky poklesu povrchu a nepředvídatelná smrštění.

- Tloušťka úchytu by měla být 60% nominální tloušťky stěny. Je-li tloušťka stěny dílu větší než 4 mm, tloušťka úchytu by neměla přesáhnout 40% této nominální tloušťky.
- Výška úchytu by neměla být větší než je 2,5 násobek průměru díry úchytu.
- Úchyty v rozích, včleněné do stěn, způsobí zhutnění materiálu.



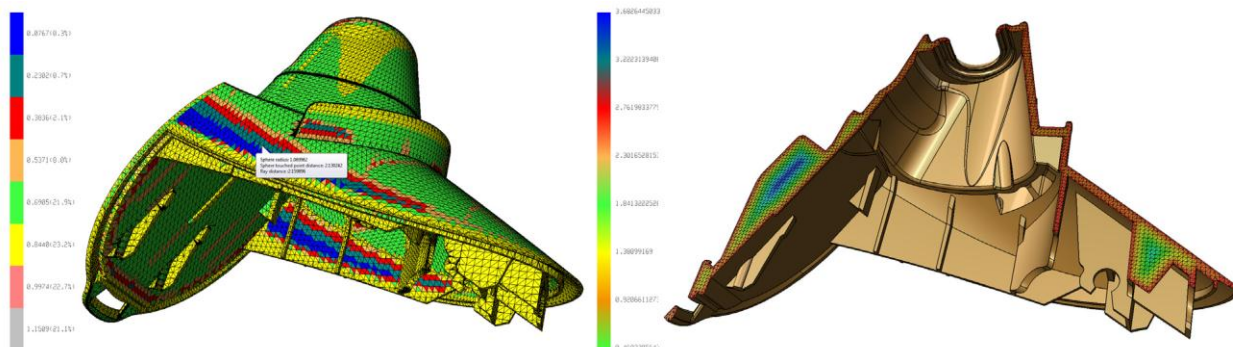
Obr. 2 - Úchyty v rozích, včleněné do stěn, působí zhutnění materiálu



Obr. 3 - Lepší variantou je konstrukce úchytů s kolnými můstky.

Základna by měla být u žeber nebo úchytů zaoblená pro lepší rozložení namáhání. Pokud by tomu tak nebylo, zatížení by nebylo rozloženo rovnoměrně a jeho špičky by vedly k rozlomení a rozpadu dílu. Na druhou stranu, pokud by zaoblení bylo příliš velké, docházelo by k přílišnému zhutnění materiálu a to by vedlo ke vzduchovým kapsám nebo propadům povrchu během formování. Ty samé principy platí v místech, kde se dotýká žebro nebo úchyt hrany dílu.

Naštěstí přichází CAD systémy s analytickými nástroji, které umí spočítat a zobrazit tloušťku modelu a potenciální problémové oblasti. Obvykle jsou k dispozici dvě metody – první je založena na velikosti koule, kterou je možné odvalovat modelem, aniž by došlo k protnutí s jakoukoliv další stěnou. Druhá je tradičně založena na paprsku, který prochází modelem podél normály povrchu, dokud nedojde k dotyku s další stěnou.



Obr. 4 – Analýza tloušťky materiálu umožní konstruktérům definovat potenciální problémy před vytvořením prototypu a výrobními fázemi.

## Úkos

Potřeba úkosování je všeobecně známa, ale ve fázi konstrukce často opomíjena. Vypadá to jako jednoduchý problém, ale pokud není úkos aplikován ve správnou chvíli modelování dílu nebo jsou-li dodatečně vytvářena komplikovaná zaoblení, může být přidání úkosu složitým úkolem.

Úkosový úhel je důležitým technologickým parametrem, který vůbec umožňuje bez problémů vytáhnout výlisek z dutiny formy. Vysoký tlak vstřikovaného materiálu a jeho následné smrštění často způsobují obtíže při vyjímání dílu z formy. Je sice možné zaformovat díl s nulovým úkosem (nebo dokonce záporným úkosem) za využití čelistí, vyhazovačů nebo dvoustupňového vyhazování, ale všechny tyto postupy výrazně zvyšují složitost a cenu formy.

Ačkoliv neexistuje přesné pravidlo, jaký úkos by měl odpovídat jakému modelu, existuje mnoho faktorů, které ovlivňují jeho optimální hodnotu. Obecně platí, že tenkostěnné díly pod vysokým tlakem vstřikování potřebují větší úkos. Materiál je v tomto případě do dutiny více vtlačen. Proto díly, které nejsou vstřikovány pod vysokým tlakem, mohou mít menší úkos.

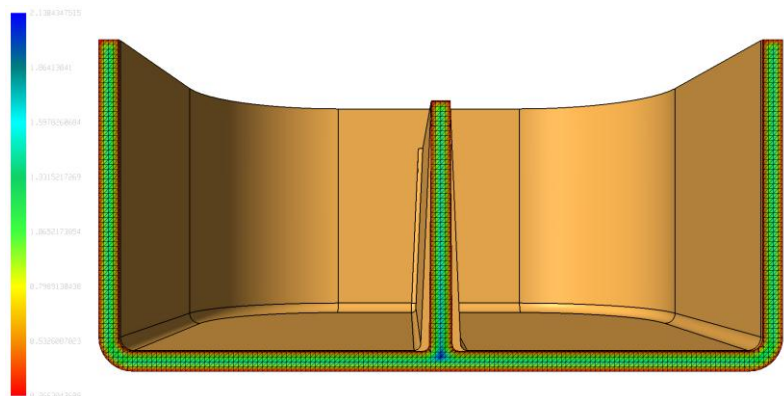
V případě hladkých povrchů je doporučen jako minimální úkosový úhel 0,5 stupně na každé stěně. Úkosový úhel 1 stupeň umožňuje lehké vyhození výlisku pro většinu povrchů.

Přístup ke strukturovaným povrchům je odlišný, neboť nestejný povrch může při nedostatečném úkosu táhnout a drhnout. Doporučovaným pravidlem je přidat ke standardnímu úkosu nejméně 1,5 stupně na 0,025 mm hloubky nerovnosti povrchu.

Velmi důležitým aspektem je hloubka tažení (hluboká žebra). Čím je délka úkosu větší, vyhození dílu je snadnější, ale narůstá tloušťka materiálu. Jak bylo napsáno výše, v tom případě může docházet k výrazným změnám v materiálu, jako jsou vnitřní kapsy, poklesy povrchu a nepředvídatelné další deformace. Například, úkosový úhel 1 stupeň na hloubce 100 mm zvýší tloušťku materiálu o 1,75 mm na každé straně.

I v případě, že ve fázi konstrukce není přesně znám polymer výlisku, je třeba zvažovat úkosový úhel. Například materiály s plnivem (skleněným plnivem) mají menší hodnoty smrštění, a proto není snadné je z dutiny vyjmout. Je proto nutné aplikovat větší úkosové hodnoty.

Vyrobit díry ve výlisku je snadné a typicky se k tomu používají čelistové kolíky. Ovšem slepé díry s nulovým úkosem často způsobují na vrcholu kolíku při vyhazování efekt podtlaku (náchylnější jsou k tomu díly s leštěným povrchem). V tomto případě malý úkosový úhel vyhazování velmi pomůže. Konečně, čím snadněji je možné vyjmout výlisek z formy, tím je třeba méně vyhazovačů.



Obr. 5 – Vliv úkosu žebra na tloušťku materiálu je zřejmý.



## Zaoblení

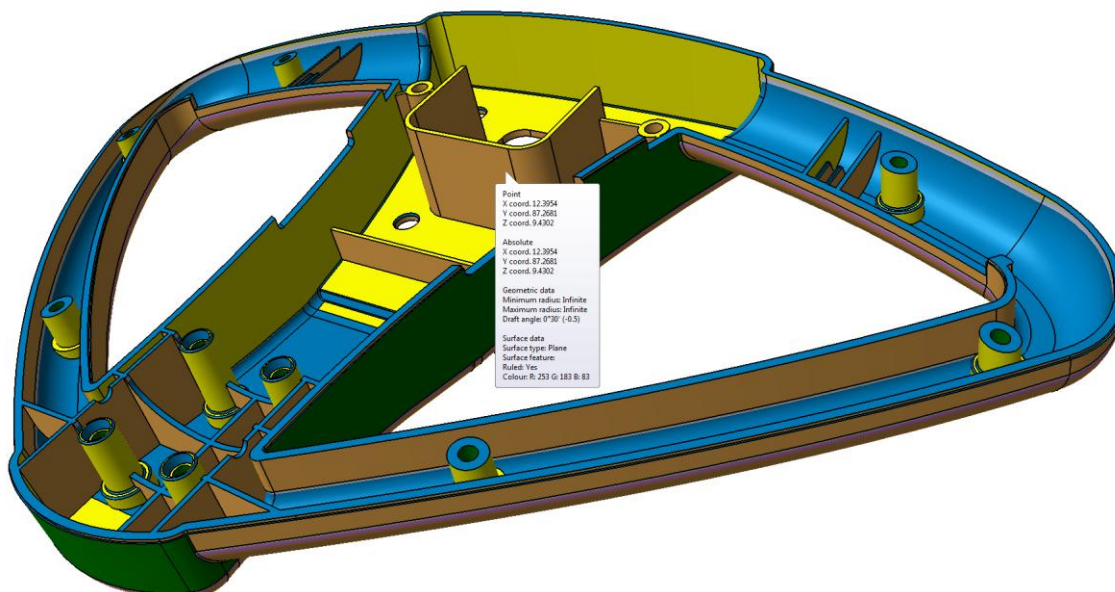
Velké množství plastových vylisků má problémy v důsledku ostrých rohů a nevhodných poloměrů zaoblení. Ostré rohy vytváří místní vnitřní pnutí, důsledkem čehož může být popraskání a předčasný rozpad plastového dílu. Přidání zaoblení na všechny ostré rohy nejenom sníží vnitřní pnutí, ale zlepší také tečení materiálu. Dovoluje-li to návrh dílu, aplikujeme na ostré rohy co největší zaoblení. Obecně se dodržuje pravidlo, že na vnitřní ostré hrany se aplikuje minimální zaoblení s poloměrem 0.5 x tloušťka materiálu.

## Konstrukce vstřikovací formy – umístění vtoků

Většinou se dává přednost umístění vtoku do nejtlustší části dílu, aby nedocházelo k propadům povrchu v důsledku nedostatečného stlačení materiálu. Umístění vtoku předurčuje chování plnění, studené spoje, smršnění, zvlnění a kvalitu povrchu lisovaného dílu. Studené spoje jsou takové spoje, kde se setkávají 2 toky materiálu a tvoří relativně slabý, potenciálně studený spoj. Tyto oblasti jsou nejnáchylnější k praskání pod zatížením. Složité formy vždy obsahují oblasti těchto spojů a pokud jejich množství není možné minimalizovat, měly by být přemístěny do méně kritických oblastí dílu. Toho se obvykle dosahuje buď manipulací s umístěním vtoku nebo změnou tloušťky stěn dílu.

## Závěr

Zabývali jsme se 6 principy konstrukce plastových vylisků. Ačkoliv se každý z nich nedá obecně aplikovat na každou konstrukci, mohou být solidními pomocníky při vaší příští práci. Ve strojírenském designu je třeba pamatovat na to, že každý projekt je neustálým kompromisem mezi designem a vyrobiteľností.



Obr. 6 – Úkosová analýza rychle detekuje potenciální problémové oblasti při formování ještě před konstrukcí jádra a dutiny.

© Vero UK Limited. All rights reserved

No part of this document (whether in hardcopy or electronic form) may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, to any third party without the written permission of Vero UK Limited.

This document is provided by Vero UK Limited for informational purposes only, without representation or warranty of any kind, and Vero UK Limited shall not be liable for errors or omissions with respect to the document. The information contained herein is provided on an "as-is" basis and to the maximum extent permitted by law, Vero UK Limited hereby disclaims all other warranties, duties or conditions of merchantability, of fitness for a particular purpose, of accuracy or completeness of responses, of results, of workmanlikeeffort, of a lack of viruses, and a lack of negligence, all with regard to this document.