Formy Brno 2016

SBORNÍK

STU FCHPT

PLAST FORM SERVICE

SVOBODA
rozdíl je v kvalitě

MAXIMUS

UDDEHOLM

Obsah

iMachining	1
Dimenzování horkých trysek a přestup tepla z horké trysky do oceli formy	8
JIC (Jihomoravské inovační centrum)	11
BatchSave gravimetrický dávkový míchač	12
ColorSave®1000	14
PLASTINUM™ pro pokrok v plastech	17
LINTECH	20
Integrovaný CAD/CAE/CAM	23
Rozměrové a tvarové tolerance, jakost povrchu při vstřikování termoplastů	26
Budoucnost patří 3D skenování	32
Autodesk Produkt design suite	34
Autodesk Simulation	36
Čistící granuláty ASACLEAN	39
Jak správně číst moldflow	42
Dynamická a variotermní temperace GWK	48
Pohledové vady	49
Základní porovnání hydraulických a plně elektrických JSW vstřikovacích strojů	60
CalcMaster	77
Odvzdušnění forem: přínos dynamických ventilů	87
Krátkodobá zkouška obrobitelnosti metodou WEARRATE®	93
Deformácie plastových dielov	101
MachineLOG IT	111

Praktická ukázka obrábění porovnala tradiční frézovací strategii s technologií **iMachining**

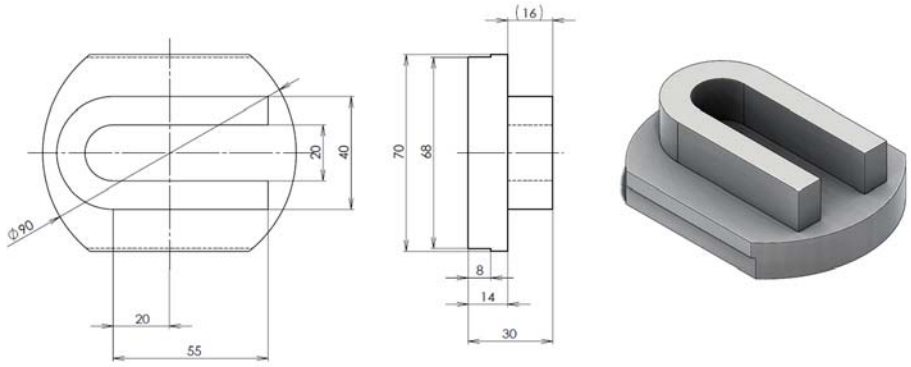
Praktická ukázka obrábění porovnala tradiční frézovací strategii s technologií iMachining Regionální technologický institut při Západočeské univerzitě v Plzni ve spolupráci se společnostmi SolidCAM CZ a ISCAR ČRuspořádal zajímavý seminář za účelem porovnání dvou rozdílných frézovacích strategií. Pojďme se společně ohlédnout, jak experiment probíhal a jaké výsledky test ukázal.

V laboratořích Regionálního technologického institutu se uskutečnil ojedinělý seminář, jehož cílem bylo porovnatstandardní frézovací strategie s technologií iMachining, která je dostupná v CAM řešení SolidCAM.Program akce sestával ze dvou částí:v teoretické části představili programátoři oba přístupy, použité nástroje a řezné podmínky. Jak standardní programy, tak technologie iMachining, již byly odladěny v předchozích zkušebních testech, aby se i prakticky dosáhlo maxima výkonu pro každou z technologií. Odpolednepak následoval poslední, ostrý srovnávací test.

Výchozí podmínky experimentu byly v skutku originální, jelikož se jednalo o obrobení téhož dílu za konstantních podmínek. Stroj a nástrojové vybavení byly totožné– od téhož výrobce.Obrábění se lišilopoužitím frézovacích-strategií a využití jejich potenciálu v souladu s řeznými podmínkami a výkonem obráběcího stroje. Srovnávacím kritériem byly strojní čas a opotřebení nástrojů. Cílem pak bylo jediné – porovnat rozdílné programovací (obráběcí) koncepty a získané poznatky pak umět správně použít v praktické výrobě.

Tvar dílu a volba materiálu

Experimentální díl obsahuje otevřenou kapsu i vnější konturu. Velikost a tvar jsou vidět na výrobním výkrese *(obr. 1).* **Výstupek ve tvaru písmene U byl záměrně vysoký 16 mm, aby mohl být obrobený celou řeznou délkou nástroje. Nástroje z řady ChatterFree pro provedení experimentu dodala společnost ISCAR ČR, která se podílela na experimentu a na programování standardní frézovací strategie.**



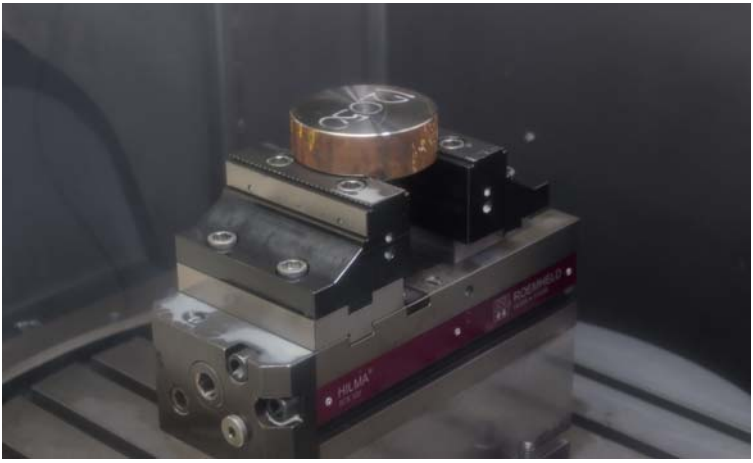
Obr. 1 – Výkres dílu

Polotovar byl zvolen ze čtyř různých materiálů různé pevnosti, tvrdosti a také obrobitelnosti: referenční ocel C45 (12 050.1), korozivzdorná ocel 1.4404 (17 349), nástrojová ocel žíhaná na měkko1.2343 (19 552) a Toolox 44. Mechanické vlastnosti materiálů jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 – Mechanické vlastnosti

materiál	C45 (12 050)	1.4404 (17 349)	1.2343 (19 552)	Toolox 44 (1.2342)
mez pevnosti	550–720 MPa	520–680 MPa	750MPa	1450–1500MPa
tažnost	17 %	40 %	12–15 %	13 %
tvrdost	< 225 HB	< 200 HB	230 HB	41-47 HRC

Polotovarem byla válcovaná tyč o Ø90 x 30, na které bylo před experimentem vyfrézováno osazení pro upnutí do svěráku.



Obr. 2 – Polotovar upnutý ve svěráku na stole obráběcího centra DMU 65 MonoBlock

Ocel C45 (12 050) je známá jako referenční materiál ocelí pro stanovení třídy obrobitelnosti. Používá se pro méně namáhané strojní díly ve stavu zušlechtěném nebo normalizačně žíhaném. Obrobitelnost je ve stavu po válcování ztížená vlivem zvýšené pevnosti. Pro obrábění je vhodnější stav žíhaný na měkko.

Chrom-niklová austenitická ocel 1.4404 (17 349) má nízký podíl uhlíku a vysokou odolnost proti korozi. Ocel je dobře obrobitelná, nicméně je to nerez, což hovoří za vše.

Chrom-molybdenová ocel 1.2343 (19 552) se používá pro pohyblivé díly jádra a jiné části forem pro tlakové lití slitin hliníku a velké série odlitků. Je dobře obrobitelná ve stavu žíhaném na měkko, což byl stav, v jaké byla testována.

Toolox je kalená nástrojová ocel s nízkým zbytkovým pnutím, a proto má dobrou rozměrovou stálost.

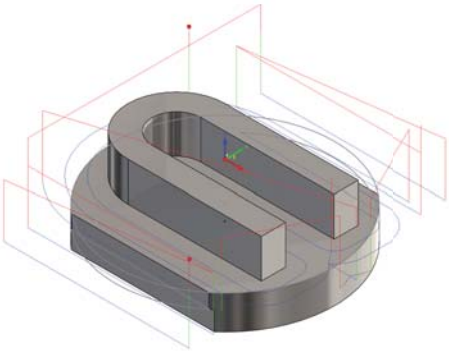
Dle normy DIN EN ISO je její alternativní označení 1.2342/1.2344. Ačkoliv má poměrně vysokou tvrdost i mez pevnosti a houževnatost, tak je velmi dobře obrobitelná.

Frézovací strategie

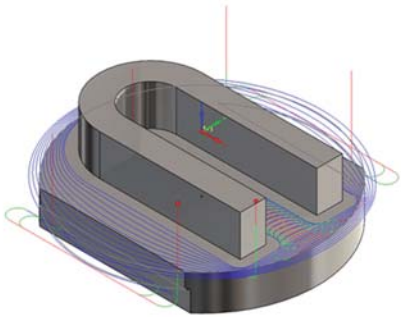
Cílem experimentu bylo porovnat standardní frézovací strategie s technologií iMachining. Standardní offsetové technologie mají své známé nevýhody, jako je měnící se průřez odebírané třísky (s tím souvisí proměnný řezný odpor). Rovněž dochází ke špatnému odvodu třísek, což má za následek vznik opotřebení a snížení trvanlivosti nástroje. Oproti tomu byly použity nástroje ISCAR ChatterFree s proměnnou geometrií břitů i šroubovice, což umožňovalo silové obrábění ve velké hloubce i při plném opásání nástroje. Klasická technologie tak mohla odevzdat své skutečné maximum.

Trajektorie nástroje standardní frézovací strategií pro obrobení experimentálního díluje uvedena na *obr. 3.*

Frézovací strategie iMachiningje moderní technologie určená pro optimalizaci obráběnízejména s monolitními karbidovými nástroji s využitím celé řezné části nástroje. Podstatou strategie je automaticky přizpůsobovat dráhu nástroje a rychlost posuvu i otáček tak, aby se průřez třísky v průběhu procesu obrábění pokud možno neměnil (konstantní řezný odpor).
Díky výkonným algoritmům mohou programátoři volit mnohem vyšší řezné a posuvové rychlosti než při klasickém frézování, ovšem často za cenu komplikovanější a delší dráhy nástroje. Obrábění celým bokem nástroje (běžně do hloubky 2xprůměr nástroje) s malým bočním úběrem a optimalizovanými rychlostmi vede k vyšší efektivitě obrábění, kratším časům a je velice šetrné k nástroji i vřetenu (nízké rázy a vibrace). Efektivita se o něco snižuje ve chvíli, kdy se obrábí do menších hloubek – při malém záběru v ose Z je řezný odpor celkově nízký a neklade nároky na nástroj ani při použití standardní technologie. Účinné a efektivní generované dráhy nástroje jsou vhodné pro obrábění tvrdých, těžko obrobitelných, korozivzdorných, nástrojových a exotických materiálů.



Obr. 3 – Trajektorie nástroje standardní frézovací strategií



Obr. 4 – Trajektorie nástroje efektivní frézovací strategie iMachining

Obráběcí stroj

Experiment se uskutečnil v laboratoři Regionálního technologického institutu, který je vybavenpětiosým CNC frézovacímcentrem DMG Mori DMU 65 MonoBlock (obr. 5). Parametry stroje jsouvelmi důležité pro stanovení omezujících kritérií a optimalizace procesu obrábění – využití potenciálu stroje. Maximální přípustné otáčky stroje jsou 18 tisíc za minutu. Frézka dosahuje výkonu 35 kW, krouticí moment je 85 Nm a pro upnutí nástrojů se používá kužel HSK A 63.

Obr. 5 – Pětiosé CNC frézovací centrum DMU 65 MonoBlock

Nástrojové vybavení

Materiály polotovarů vyžadují ostré nástroje s kladným řezným úhlem čela eliminující vibrace.Zvoleny byly monolitní karbidové hrubovací frézy řady ChatterFree (obr. 6), které eliminují vibrace i při větším vyložení.Nástroje k provedení testu dodala společnost ISCAR ČR.

Obr. 6 – Monolitní karbidová fréza ISCAR ChatterFree

Řezné podmínky

Pro obrábění standardní frézovací strategiíbyly zvoleny řezné podmínky na základě doporučení dodavatele řezných nástrojů (ISCAR) a podle uživatelských zkušeností. Parametry se rovněž odvíjely podle materiálových vlastností uvedených v ***tab. 1.***

Tab. 2 – Použité řezné podmínky profrézování standardní strategií

materiál	C45 (12 050)	1.4404 (17 349)	1.2343 (19 552)	Toolox 44 (1.2342)
nástroj	D12	D16	D12	D16
řezná rychlost v_c	120 m.min-1	70 m.min-1	90 m.min-1	80 m.min-1
otáčky n	3183 min-1	1392 min-1	2387 min-1	1591 min-1
posuv na zub f_z	0,06 mm	0,06 mm	0,05 mm	0,06 mm
posuvová rychlost v_f	764 mm.min-1	334 mm.min-1	477 mm.min-1	382 mm.min-1
axiální hloubka řezu a_p	16 mm	8 mm	16 mm	8 mm
radiální hloubka řezu a_e	6,6 mm	12,8 mm	6,6 mm	12,8 mm
překrytí nástroje	55 %	80 %	55 %	80 %
chlazení	vzduch	emulze	vzduch	emulze

Řezné podmínky pro obrábění strategií iMachining byly zvoleny podle Technologického průvodce, který je součástí řešení SolidCAM. Podle vlastností materiálu, zejména pevnosti a podle specifikace stroje se dopočítávají optimální řezné podmínky automaticky. V tabulce 2 si můžete všimnout, že pro materiály 12 050 a 19 552 byly omezujícím kritériem maximální otáčky stroje.

Tab. 3 – Použité řezné podmínky profrézování strategií iMachining

materiál	**C45 (12 050)**	**1.4404 (17 349)**	**1.2343 (19 552)**	**Toolox 44 (1.2342)**
nástroj	D8			
řezná rychlost v_c	452 m.min-1	351 m.min-1	452 m.min-1	275 m.min-1
otáčky n	18 000 min-1	13 987 min-1	18 000 min-1	10 959 min-1
posuvová rychlost v_f	10 044 mm.min-1	6018 mm.min-1	10 111 mm.min-1	5317 mm.min-1
axiální hloubka řezu a_p	16 mm	16 mm	16 mm	16 mm
minimální radiální hloubka řezu (minimální boční krok) a_{emin}	0,06 mm	0,09 mm	0,06 mm	0,18 mm
maximální radiální hloubka řezu (maximální boční krok) a_{emax}	2,2 mm	2,15 mm	2,04 mm	1,31 mm
chlazení	vzduch			

Výsledky obrábění

Srovnávacím kritériem frézování dílu byl strojní čas ***(tab. 4)***. Zajímavé výsledky si vysvětlíme podrobněji.

Tab. 4 – Strojní čas

materiál	standardní frézovací strategie	strategie iMachining
C45(12 050)	1 min 24 s	1 min 23 s
1.2343(19 552)	1 min 39 s	1 min 09 s
1.4404(17 349)	3 min 50 s	1 min 18 s
Toolox44(1.2342)	3 min 36 s	2 min 52 s

Ocel C45 (12 050)

Podíváme-li se na výsledky obrábění materiálu C45 tak zjistíme, že jsou srovnatelné, což se dalo předpokládat. Jedná se dobře obrobitelnou ocel, kterou lze obrábět celou řeznou částí nástroje (axiální hloubka řezu apje maximální –ap= 16 mm). V případě standardní frézovací strategie byla zvolena radiální hloubka záběru ae= 0,8 • D, nebyl však využitý potenciál stroje – maximální výkon. Svou roli na cestě za lepším výsledkem sehrála menší tuhost testovacího (pětiosého) stroje, která neumožnila lepší výsledek - nástroj měl ještě rezervy. Rezervy měl ale i program u technologie iMachining, kde je vidět, že u pevnějších materiálů bylo dosaženo lepších časů. Zde se bralo v potaz, že hlavní měření sil bude u náročnějších materiálů a ocel 12 050 byla pro obě technologie „rozcvičkou". Test však ukázal, že u dobře obrobitelných materiálů bude záležet na povaze obrábění, aby se výhody technologie iMachining mohly projevit. Konstantně hluboký řez vyhovoval výborně i nástrojům ChatterFree při klasické technologii. Možný přínos by mohlo znamenat nižší opotřebení nástrojů při technologii iMachining, ale testy nemohly tento parametr postihnout.

Korozivzdorná ocel 1.4404 (17 349)

V případě standardní frézovací strategie musela být axiální hloubka záběru ap rozdělena do dvou vrstev z důvodu horší obrobitelnostia menší tuhosti testovaného stroje. Pro úplnost hodnocení je toto potřeba zdůraznit, protože tuhost stroje zde byla limitující pro nástroj, který by jinak hluboký řez zvládl, možná s nižšími posuvy. Ale i schopnost vyrovnat se se strojem je výhodou technologie iMachining. Ta opět využila celé řezné délky nástroje (ap = 16 mm) a potenciál obráběcího stroje v souladu s řeznými podmínkami. U této nejhůře obrobitelné oceli se výhody technologie iMachining projevily nejvíce.

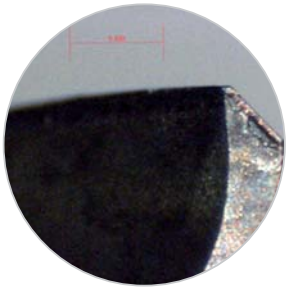
Nástrojová ocel 1.2343 (19 552)

Obě strategie využily celou řeznou část nástroje, žíhaná nástrojová ocel šla dobře obrábět. Nástroje ChatterFree odvedly vynikající práci při obrábění plným průměrem nástroje, technologie iMachining však přesto dosáhla až o třetinu lepšího času. Tato výhoda času spolu s nižším opotřebením nástroje by se výrazně projevila například u rozsáhlých hrubovacích operací forem.

Toolox 44

Podobně jako u korozivzdorné oceli 1.4404 musela být axiální hloubka řezu ap u standardní frézovací strategie rozdělena do dvou vrstev a nebyl plně využitý potenciál monolitní karbidové frézy. V tom hrála opět úlohu nižší tuhost stroje, nicméně iMachining tuto nevýhodu dokázal eliminovat a přesvědčivě obrobil v kratším čase. I zde bychom mohli poukázat na výhodnost hrubování u forem, na které se materiál Toolox používá.

Opotřebení nástrojů



U použitých nástrojů bylo po ukončení testu změřeno opotřebení a to konkrétně opotřebení na hřbetu břitu. Během obrábění nebylo dosaženo konce trvanlivosti nástrojů. Nutno podotknout, že velikost maximálního přípustného opotřebení pro zvětšující se průměry nástrojů narůstá, tedy nástroje větších průměrů mohou stále ještě efektivně pracovat i s vyšším opotřebením. Vznik opotřebení je ovlivněn velikostí řezného odporu, v závislosti na řezné rychlosti, době kontaktu břitu s obráběným materiálem během řezu a také celkovou dobou obrábění. Frézy průměrů 12 a 16 mm obráběly klasickou technologií při rychlostech standardně používaných pro obráběné materiály, s většími bočními úběry, které byly na hranici tuhosti soustavy stroj – nástroj - obrobek*. Fréza průměru 8 mm obráběla metodou iMachining s extrémně vysokou rychlostí, ale s výrazně nižším bočním krokem a tedy i s nižším zatížením nástroje. Maximální opotřebení fréz bylo naměřeno mikroskopem MulticheckPC500. Fréza průměru 8 mm měla opotřebení na hřbetu VB = 50 µm po obrobení 4 vzorků s celkovým časem řezu 6 minut 48 sekund. Fréza o průměru 12 mm měla opotřebení na hřbetu VB = 25 µm po obrobení 2 vzorků s celkovým časem řezu 3 minuty 3 sekundy. Fréza průměru 16 mm měla opotřebení na hřbetu VB = 40 µm po obrobení 2 vzorků s celkovým časem řezu 7 minut 26 sekund.
Na naměřených hodnotách je vidět, že opotřebení všech nástrojů je poměrně malé, což ukazuje na vhodně zvolené řezné podmínky. Je ale třeba vzít v úvahu, že fréza průměru 8 mm obrobila všechny 4vzorky. Dalším faktem je, že v případě strategie iMachining je možné dosáhnout shodného výsledku obrábění s nižšími náklady na řezné nástroje, neboť cena nástroje průměru 8 mm je výrazně nižší než cena nástroje 12 mm nebo dokonce 16 mm.

Závěr

Srovnávací test výborně ilustroval vlastnosti obou technologií a jako takový posloužil k získání neocenitelných zkušeností pro příští aplikace těchto technologií. Je zjevné, že význam technologie iMachining roste se zhoršující se obrobitelností materiálu (korozivzdorná ocel a kalená nástrojová ocel Toolox 44) a s možností dosáhnout velké hloubky řezuap. Technologie prokázala šetrnost k nástrojům, vysoký výkon a rovněž výhody predikovatelnosti řezných podmínek, což se projevilo v nižší spotřebě času na přípravu a programování. Nastavení řezných podmínek pro tento typ technologií zatím neobsahuje žádný katalog nástrojů, a ani to není možné, protože se otáčky i posuvy během obrábění dynamicky mění. Rovněž praktických zkušeností ještě není vždy dost, proto se jeví automatické nastavení řezných podmínek v řešení iMachining jako naprosto zásadní vlastnost. V případě obrábění tvarů nebo hlubších řezů si přitom iMachining sám volí i dynamicky i hloubky řezu (technologie „step-up" u 3D iMachiningu) Tyto vlastnosti jsou pak důvodem, že společnost ISCAR ČR i Západočeská Univerzita Plzeň zařadily technologii iMachining do svého arzenálu nástrojů pro výrobu i výuku.

Dimenzování horkých trysek a přestup tepla z horké trysky do oceli formy

Vstřikovací formy můžeme hodnotit a posuzovat z mnoha hledisek, z mnoho pohledů. Vysoká variabilita forem má následující příčiny:

- Možnost vstřikování různých plastových materiálů, přičemž každý materiál vykazuje specifické zpracovatelské podmínky, ovlivňující také konstrukci forem.
- Kombinace různých vstřikovaných materiálů, včetně zastřikovánízálisků.
- Odlišné, často vysoké finální požadavky na přesnost výstřiku (plastového dílu).
- Konstrukční náročnost dílu.
- Obvyklé vysoké požadavky na kvalitu povrchu platového dílu, zvl. v automobilovém, ale i spotřebním průmyslu.
- Volba specifického vstřikovacího tlaku a dotlaku, specifického chlazení, odvzdušnění atd. rovněž ovlivňují konstrukci vstřikovací formy.
- Odlišnosti vtokových systémů, systémů chlazení, vyhazovacích soustav, odformovacích prvků atd.
- Komplexnost a složitost forem souvisí také s potřebou automatizace výroby a použitím robotů.

Návazný text v hrubých rysech přibližuje pouze velmi úzkou část posuzování konstrukce vstřikovacích forem s využitím simulačního softwaru: posouzení a stanovení vhodného dimenzování tokových kanálů v horkých tryskách a možnosti vyhodnocení vlivu horkých trysek na teplotu tvarové dutiny v blízkosti ústí horké trysky. K uvedeným vyhodnocením lze dobře použít německý simulační software Cadmould®.

Dimenzování horkých trysek

Volba a poloha horké trysky nebo více horkých trysek pro plnění tvarových dutin vstřikovací formy by se měly řídit následujícími zásadami:

a) Stanovení vhodné polohy horké trysky (nebo horkých trysek) z hlediska požadovaného průběhu plnění, kvality vzhledu, výsledných deformací a samozřejmě i z hlediska zástavbových rozměrů.

b) Určení typu horké trysky z hlediska vstřikovaného materiálu, objemu tvarové dutiny, potřebné rychlosti vstřikování případně i tlakových poměrů. Volba typu trysky může být ovlivněna zaměřením pozornosti konstrukční kanceláře na obvyklého obchodního dodavatele horkých trysek a nelze opomenout také cenové hledisko.

Simulační analýzy mohou výrazně pomoci nejen s volbou vhodného umístění horké trysky, ale také s návrhem potřebného dimenzování tokových průřezů kanálů a ústí horké trysky. Bohužel se velmi často setkávám s analýzami, u kterých jejich zpracovatelé zcela opomíjejí možnost dodat zákazníkovi tyto velmi důležité informace.

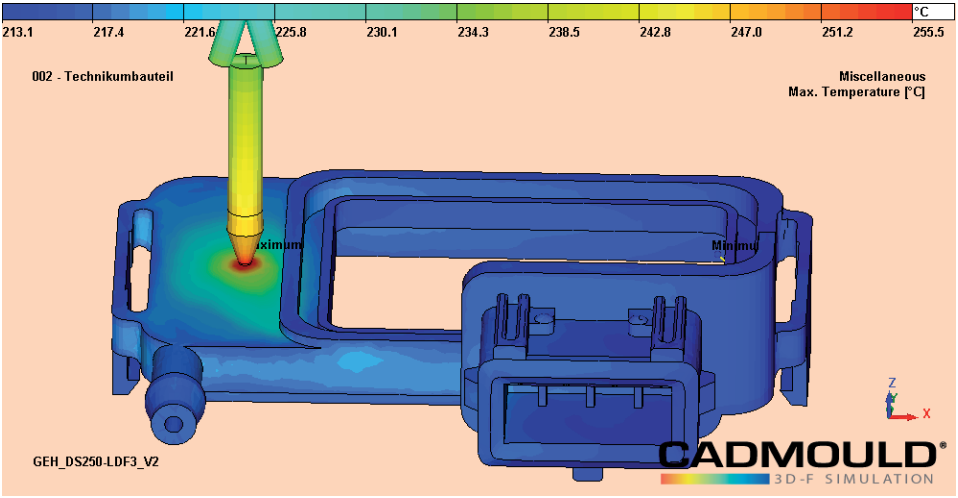
Podmínky pro zpracování návrhu dimenzování tokového kanálu a průměru ústí horké trysky:

a) Provedení konstrukce tokových kanálů horké trysky pro simulační výpočty se zaměřením na tři konstrukční oblasti – kanál trysky, tečení taveniny okolo příp. špičky (torpéda) a ústí horké trysky.

b) Výpočet následujících materiálových hodnot, vztažených k plnicí fázi vstřikovacího procesu: smykové napětí, průměrná smyková rychlost, max. smyková rychlost po průřezu kanály, teplota taveniny, max. teplota taveniny po průřezu kanály, příp. tlakové ztráty ve vtokovém systému.

Posouzení vypočítaných hodnot

Je nutné si uvědomit, že každý typ plastového materiálu „snáší" jiné limitní hodnoty smykových napětí, smykových rychlostí a teploty taveniny. Uvedené vlastnosti jsou ovlivnitelné nejen vlastním dimenzováním horkých vtoků, resp. horké trysky, ale také rychlostí vstřikování, teplotou taveniny v plastikační jednotce a dalšími parametry.
V každém případě však simulační software Cadmould® může poskytnout, při zpracování vtoků odpovídajícím způsobem, důležité informace o vhodném „vnitřním" dimenzování horkých trysek. Za tímto účelem lze použít modul Cadmould®Fill, viz příklad na *obrázku 1.*



Obr. 1: Příklad vývoje maximálních teplot taveniny v části horké trysky (a ve výstřiku).

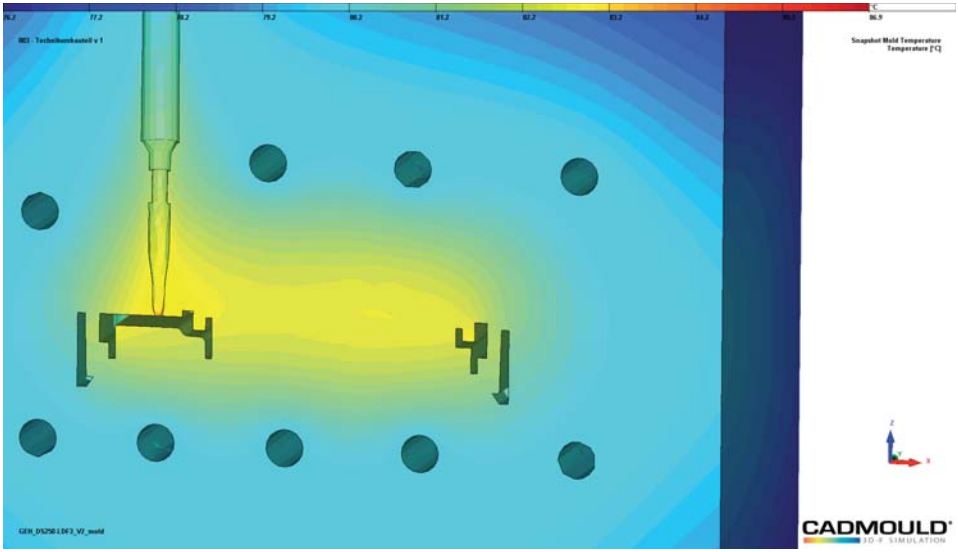
Přestup tepla z horké trysky do oceli formy – ovlivnění teploty tvarové dutiny

Uživatel softwaru Cadmould®, pokud má vedle základní modulární verze k dispozici také modul Cadmould®3D T-Box, může již před konečnou konstrukcí vstřikovací formy zjistit, jakým způsobem bude ovlivňovat přestup tepla z horké trysky do oceli formyvlastnosti vstřikovaného výrobku.

Zvýšená teplota v bližší nebo i vzdálenější oblasti od ústí horké trysky může mít vliv především na tyto vlastnosti plastového výrobku:

- vzhled výrobku
- vznik propadů u vtokového ústí
- deformaci konstrukce
- dobu vstřikovacího cyklu

Z uvedeného výčtu je patrné, že alespoň u některých plastových konstrukcí by simulační analýza přestupu tepla z horké trysky do oceli formy přinesla zpřesnění a doplnění celkových simulačních podkladů.
Vliv horké trysky na teplotu tvarové dutiny je patrný z ***obrázku 2.***



Obr. 2: Teplota bloku formy v 36 s doby vstřikovacího cyklu. Vliv přestupu tepla z horké trysky na teplotu ve zvoleném řezu.

JIC (Jihomoravské inovační centrum)

Představení organizace

JIC podporuje lidi ve vytváření a rozvoji firem, které mění svět. Jeho služby využívají začínající podnikatelé ve fázi prvotního nápadu, rychle rostoucí startupy i zavedené technologické firmy. Za 12 let své existence akceleroval více než 200 inovativních společností, podpořil spolupráci vědců a firem v celkové hodnotě 49 milionů korun a byl u vzniku 30 startupových firem, které získaly celkovou investici přes 122 milionů korun. Přispívá tak ke zvyšování počtu kvalifikovaných pracovních míst v regionu
a posiluje konkurenceschopnost Jihomoravského kraje.

Služby zaměřené na MSP

- **JIC PLATINN** – je program pro zavedené technologické firmy z Jihomoravského kraje. Pomocí konzultací s vámi vybraným expertem získáte nový pohled na svůj byznys a také konkrétní plán aktivit vedoucích k dalšímu růstu. V rámci první fáze služby je inovační analýza i prvních 40 hodin konzultací s expertem poskytováno zdarma.

- **EEN Network** – V rámci této sítě poskytujeme např. Grantové poradenství (SME Instrument, Fast Track to Innovations, Eurostars a další), poradenství v oblasti ochrany duševního vlastnictví a podporu při vyhledávání zahraničních obchodních kontaktů či projektových partnerů pro mezinárodní spolupráci ve výzkumu a vývoji.

Názory firem, které využily naše služby

- **Řešený problém:** Definice obchodní a produktové strategie u společnosti zabývající se bazénovou technologií. Názor majitele společnosti na proběhlou spolupráci (JIC Platinn):
„Martin Dokoupil nám dodal odvahu udělat strategické rozhodnutí a úplně opustit výrobu bazénů. Ocenili to hlavně naši obchodní partneři v Německu, kam momentálně směřuje 90 procent výroby."

- **Řešený problém:** Expanze na zahraniční trh společnosti zabývající se softwarem pro bezpečnou komunikaci. Názor majitelespolečnosti na proběhlou spolupráci (JIC Platinn):
„S pomocí experta jsme vypracovali obchodní strategii pro uvedení našeho produktu na trhy ve Švýcarsku, Skandinávii a Velké Británii. Navíc jsme získali cenné kontakty na potenciální zahraniční klienty."

- **Řešený problém:** Převod rodině řízené firmy na manažerskou a s tím související personální audit v automotive společnosti. Názor majitelespolečnosti na proběhlou spolupráci (JIC Platinn):
"S Kamilem Košťálem jsme provedli komplexní personální audit firmy. Personální problémy nám bránily v růstu, ale pan Košťál nám ukázal nezbytné kroky jak se s těmito problémy vypořádat."

Pro více informací navštivte www.jic.cz nebo kontaktujte bocek@jic.cz

BatchSave
gravimetrický dávkový míchač

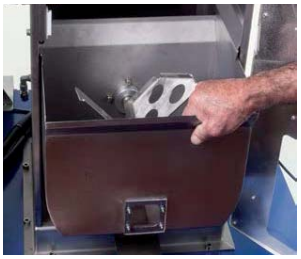
LIAD's BatchSave
Jeho použití je jednoduché a funguju výborně u strojů na vstřikové lisování, vytlačování a lisování vháněným vzduchem. Jeho použití je jednoduché a funguju výborně u strojů na vstřikové lisování, vytlačování a lisování vháněným vzduchem.

Jak funguje
Každý materiál se dává zvlášť do vážicí násypky s tím, že jednotlivá množství jsou soustavně kontrolována kontrolorem a srovnávána s přednastavenými hodnotami. Zvážený materiál je poté dopravován do míchací komory, která dodává jednolitou směs.

Vlastnosti
- Až 6 různých materiálů (4 materiály u vzduchového ventilu, 2 materiály u šnekového podávání
- Až 600 Kg/h
- Dávka až 5.5 Kg
- Až 99 předpisů

Násypky materiálu
BatchSave může zahrnovat až 4 násypky na hlavní materiály za použití podávání volným padáním prostřednictvím vzduchového ventilu, a až 2 násypky na aditiva prostřednictvím šnekového podávání.
Všechny násypky materiálu zahrnují otvory ke snadnému vyprázdnění a vyměnění materiálu a průhledy zajišťující vizuální kontrolu.

Vážicí násypka
Za použití jednoduché podávací buňky je vážicí násypka navržena tak, aby byla zajištěna extrémně vyskoká přesnost- ±0.1%.
Násypka je plně odmontovatelná a umožnuje jednoduchou údržbu a čištění



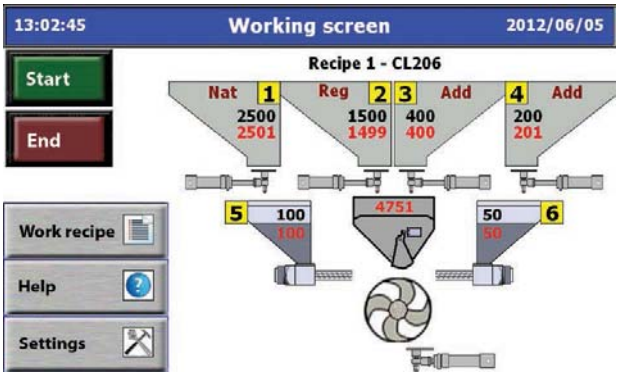
Míchač
Unikátní navržení efektivního míchače nemá žádné mrtvé prostory, čímž je zajištěno lepší a více homogenní míchání.
Míchač může být plně odmontovatelný, bez úniku granulí, což napomáhá jednoduchému a rychlému čištění.

Konstrukce

Modulární konstrukce zaručuje vysokou flexibilitu s možností volby počtu komponent. BatchSave byl navržen tak, aby mohl být jednoduše nainstalován přímo na výrobní stroj nebo na speciální stojan a podávát materiál jednomu či několika strojům.
Široká průhledná dvířka umožňují přístup ke všem částem a také vizuální kontrolu výrobního procesu.
Bezpečnostní mikrovypínač vyřazuje stroj z provoze v případě otevřených dvířek.

Kontrola

Vyspělý PLC kontrolor sleduje celkové fungování systému.
Po každé dávce následuje automatické překalibrování a, v případě potřeby, oprava chyb. Tím je zajištěna mimo-řádná přesnost procesu míchání.
Jednoduchá dotyková obrazovka ulehčuje jednoduché nastavení, obsluhu a sledování.
Kontolor je kompatibilní s MODBUS prostřednictvím TCP/IP protokolu, a může plynule komunikovat s LIAD-View PC softwarem.



Volby

- Kontrola plnění, integrovaná s centrálním podtlakovým systémem
- Podpora Venturiho podavačů
- Stojan k podávání jednomu či více strojům
- Koš na namíchaný materiál s pneumatickým vysypáváním s posuvnými dvířky
- Senzory hladiny pro násypky materiálu

Technické údaje

- Příkon: 3x380V, 50 Hz
- Spotřeba vzduchu: 0.3 m3/hr
- Tlak vzduchu: 6 bar
- Rozměry: L=1368 x W=747 x H=1218 mm (s 6 násypkami materiálu, bez stojanu či nakládačů násypek)

ColorSave®1000
měřte řídící dávku, mějtekontrolu nad náklady

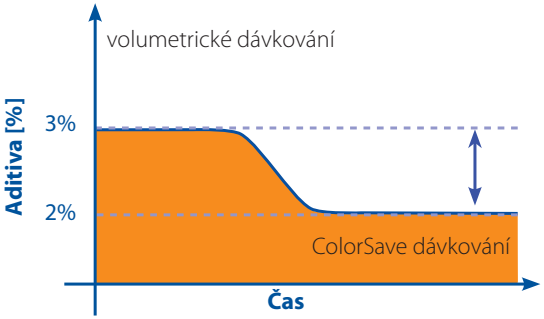
Vysoce vyspělý a úsporný dávkovač pro jednomateriálovou řídicí dávku (MB)/aditivní gravimetrický dávkovač pro stroje na vstřikování plastů, extruzi a vyfukování.
Patentovaný ColorSave 1000 má vnitřní vážicí násypku, která zajišťuje vynikající odolnost k mechanickým nárazům a chvění. Inovativní design a algoritmy zajišťují stejnoměrné dávkování, bez ohledu na změny v hustotě materiálu či jiných proměnlivých parametrů.

Výhody ColorSave 1000

- Mimořádná přesnost a opakovatelnost umožňuje přesné dávkování, čímž se předchází nadměrnému dávkování.
- Funkce kontrolující úbytek hmotnosti umožňuje optimální nastavení operačního bodu
- Vylepšená kvalita konečného produktu
- Snížené množství zmetků velmi jednoduchá obsluha s automatickou kalibrací (naistalovaný nulový čas) zajišťuje maximální efektivnost
- hodí se pro jakýkoliv typvstřikování, extruze a vyfukování

Významné úspory
ve srovnání s volumetrickými dávkovači a míchači dávek:

- až 50% úspora MB/aditiv ve srovnání s volumetrickými dávkovači
- úspora až 35 % MB/aditiv ve srovnání se vzdáleným míchacím zařízení
- úspora až 15 % MB/aditiv ve srovnání s míchačem dávek umístěným na hrdle stroje

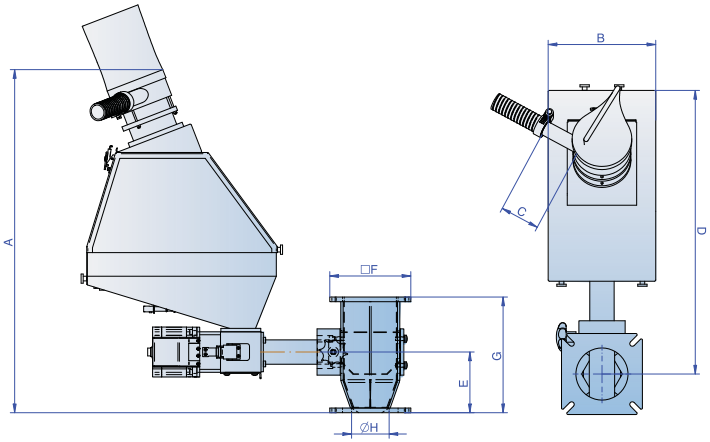


Aplikace ColorSave1000

Verze aplikace	Vstřikové lisování	Extruze	Vyfukování
Princip fungování	Dávková obsluha. On-line měření a kontrola dávek MB/aditiv	Souvislý provoz. Online měření a kontrola rychlosti toku MB/aditiv (kg/h)	Souvislý provoz. Online měření a kontrola rychlosti toku MB/aditiv (kg/h)
Nastavovací bod	Nastavení požadovaného poměru MB/aditiv a hmotnost vstříknuté dávky	Nastavení požadované rychlosti toku MB/aditiv (kg/h) či požadovaného poměru z průchodnosti extrudéru	Nastavení požadovaného poměru MB/aditiv a hmotnosti produktu
Vstupní signál	Suchý kontaktní vstup k synchronizaci s plastifikačním cyklem (a volitelně u vstřikovacího cyklu)	Vstup pro synchronizaci s extrudérem, zapnoto vypnuto a 0 - 10 V analogový vstup na synchronizaci otáček extruderu	Kontaktní vstup na synchronizaci extruderu zapnuto / vypnuto a vstup pro synchronizaci s cyklem vyfukovačky
Záznam dat	Kumulovaný počet cyklů vstřiku a hmotností MB/aditiv a také průměrný poměr	kumulovaná data (celkem spotřebované MB/aditiva v kilogramech)	kumulované množství spotřebovaných MB/aditiv (v kilogramech a počtu cyklů)
Komunikace	TCP/IP	Volitelné TCP/IP	TCP/IP

Vlastnosti ColorSave1000

- Dokáže uložit až 999 předpisů, zkrácený čas instalace
- Jednoduchá výměna podávacího šneku
- Jednoduchá údržba a čištění při výměně barev a materiálů
- Vestavěný automatický Venturi nasávací nakladač pro řídicí dávku
- Sběr údajů a řízení spotřeby materiálu v reálném čase pomocí kontrolního softwaru



Dim (mm)	Vol. 3 Lt	Vol. 5 Lt	Vol. 10 Lt
A	586	636	665
B	186	210	250
C	70	70	70
D	490	490	500
E	105	105	105
F	140	140	140
G	200	200	200
H	62	62	62
I	90	90	90

Technické údaje ColorSave1000

Vlastnost	Technické údaje
Násypka	3/5/10 litrů
Rozsah výstupu	0,02-80 kg/h
Motor	Výkonný krokový motor
Kontrolor	Vyspělá a výkonná řídicí jednotka s alfanumerickým displejem
Obrazovka	4.3" barevný dotykový displej
Nakládací buňka	maximálně 15 kg, teplotně kompenzováno
Nakladač	Vestavěný automatický Venturi nasávací nakladač
Nasazení a podávání	pomocí přírubového adaptéru přímo pro dávkobání do stroje
Nouzový výstup	N/O suchý kontakt, maximálně 24V/30mA. Aktivován při:poruše plnění, neplnění materiálem nebo nadměrná dávka
Hmotnost	16 kg
Výkon	100-240 V, 200 W, 50/60 Hz

ColorSave1000 zahrnuje
standardní šestiúhlý adaptér

Na vyžádání je dále dostupné

- Chlazený adaptér, užitečný pokud je hlavním materiálem je sušené PET 200°C
- Adaptér s míchačem, k dosažení nejlepších možností míchání

Šestiúhelný adaprér

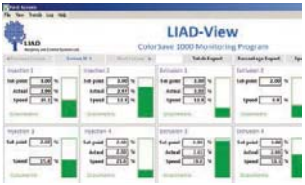
Chlazený adaptér

Adaptér s míchačem

LIAD-View

Monitorovací program pro řadu podavačů ColorSave LIAD-View umožňuje:

- Sledovat pracovní fáze všech podavačů ColorSave na jediné obrazovce
- Sledování historických grafů pro každý z podavačů, včetně aktuálního poměru a rychlosti motoru
- vidět všechny parametry pro každý podavač, např. celkovou hmotnost, hmotnost vstříknuté dávky apod.
- aktualizovat pracovní parametry přímo pro podavače
- generovat historické zprávy, např. o celkové hmotnosti, skutečném poměru apod.



PLASTINUM™ pro pokrok v plastech
Nejmodernější technologie, vybavení a servis

Nový ucelený sortiment plynařských technologií a odborností pro plastikářský průmysl

Široký okruh řešení PLASTINUM™.
Optimalizace všech procesních kroků, využívajících technické plyny, v plastikářském průmyslu.

My v Linde máme letité a praxí prověřené výsledky a úspěchy ve vývoji a dodávkách inovativních řešení využívajících plyny, přizpůsobených potřebám plastikářského průmyslu. Spojením našeho rozsáhlého a do detailů sahajícího know-how s nejmodernějšími technologiemi vznikla řada PLASTINUM, která Vám přináší produktivitu, rychlost, kvalitu a přispívá ke zlepšení životního prostředí.

Naše produktová řada PLASTINUM nabízí specializovaná řešení, která je možno přizpůsobit potřebám jednotlivých zákazníků. Tato řešení zahrnují všechny segmenty plastikářského průmyslu, počínaje vstřikováním plastu do formy pomocí plynu (GIM), přes vypěňování až po řízení teploty. Naše obsáhlá nabídka sahá od dodávky vysokotlakých a měřících systémů přes chladící technologie až k nabídce komplexního systému dodávek plynů a všech souvisejících služeb. Můžete se rovněž spolehnout na naše techniky, kteří Vám pomohou sestavit, upravit na míru a optimalizovat Vaši koncepci zásobování tak, aby co nejlépe vyhovovala všem Vašim technických a obchodním požadavkům.

PLASTINUM GIM

Vstřikování plastu do formy pomocí plynu (Gas Injection Moulding, GIM)

Proces GIM využívá plyn o vysokém tlaku (oxid uhličitý nebo dusík) pro vytvoření/vytvarování dutiny nebo kanálku v plastovém dílu vstřikovaném do formy. Často využívaný je především v automobilovém průmyslu, kde umožňuje výrobcům vyrábět lehčí plastové díly
s větší rozměrovou přesností. Nabízíme řadu vysoce účinných řešení dodávek vysokotlakých plynů pro procesy GIM. Naše portfolio PLASTINUM GIM je navrženo tak, aby efektivitu procesu i kvalitu přeneslo na vyšší úroveň.

Rám předního automobilového světlometu

Automobilová klika dveří

PLASTINUM GIM I

Vstřikování plastu do formy pomocí plynu s technologií vnitřního chlazení
PLASTINUM GIM I zvyšuje efektivitu tradičních procesů GIM přidáním patentovaného procesního kroku vnitřního chlazení. Při něm je vysokotlaký dusík protlačován skrz plastový díl, čímž se cyklus zchlazování dílu urychluje až o 50 %. Pokročilé technologie vstřikování naše řešení PLASTINUM GIM I doplňují tak, abyste dosáhli ještě vyšší účinnosti procesu.

PLASTINUM GIM C

Vstřikování plastu do formy pomocí oxidu uhličitého
Proces PLASTINUM GIM C přenáší efektivitu GIM na vyšší úroveň tím, že dusík nahrazuje oxidem uhličitým (CO_2). Při stejné kapacitě odvodu tepla a trvání cyklu jako u vstřikování plastu vodou (Water Injection Moulding, WIM) nezanechává za sebou oxid uhličitý žádnou vlhkost na produktech nebo nástrojích, takže není nutno do výrobního cyklu zařazovat krok sušení. Naše řídící jednotky a injektory/injekční trysky pro proces PLASTINUM GIM C jsme pro Vás vyvinuli v těsné spolupráci s našimi partnery z OEM.

Rukojeť dveří ledničky

PLASTINUM GIM P

Profukování kavit a násypek
PLASTINUM GIM P je inovativní metoda, využívající tlakové profukování kavit inertním plynem před vstřikováním polymeru. Tento postup zvyšuje kvalitu a produktivitu výroby, neboť zkracuje odstávky a snižuje náklady na údržbu, které jsou nutné pro odstranění nečistot (především v kavitách a přístupových kanálcích) vzniklých oxidačními procesy. Úspory se dosáhne potlačením tvorby nežádoucích oxidů, které mají často za následek ucpávání injektorů a zbytečně dlouhé odstávky.

PLASTINUM Foam

Vypěňování s oxidem uhličitým
V současné době obsahuje většina nadouvadel používaných při výrobě pěnových polymerů, jako jsou stavební izolace (desky z extrudovaného polystyrenu, XPS) nebo ochranné balicí fólie (PE pěny o vysoké hustotě), vysoké procento oxidu uhličitého. Přesné měření spotřebovávaného kapalného oxidu uhličitého (LIC) hraje klíčovou úlohu pro dosažení vysoké kvality pěnového materiálu. Dosáhnout toho není vždy snadné, především kvůli změnám protitlaku v extrudérech polymerů.

PLASTINUM Foam E

Extruzní vypěňování s oxidem uhličitým
Naše portfolio PLASTINUM Foam E bylo specificky vytvořeno tak, aby vyhovělo požadavkům a nárokům na měření průtoku ve vypěňovacích systémech používajících LIC. Náš patentovaný a v praxi prověřený systém DSD 500 pro dodávku plynu a měření jeho průtoku reaguje velice rychle na měnící se protitlak (v extrudérech) tak, aby udržel hmotnostní průtok oxidu uhličitého konstantní, aby bylo možno dosáhnout stejnoměrných a předvídatelných „vypěňovacích" výsledků.

PLASTINUM Foam P

Řešení pro vypěňování polyuretanu
Naše řešení PLASTINUM Foam P, které bylo speciálně vyvinuto pro procesy vypěňování polyuretanu, pomáhá výrobcům standardně zajišťovat vysokou kvalitu výrobků. Naše speciální dávkovací čerpadla jsou konstruována pro dodávky velkých objemů kapalného oxidu uhličitého potřebného pro výrobu nízkohustotních PU pěn, které se používají například pro výrobu matrací.
A naše k tomu odpovídající měřicí systémy, určené speciálně pro diskontinuální procesy výroby, dodávají oxid uhličitý se zvlášť vysokou přesností.

PLASTINUM Temp

Pro pokročilé řízení teploty
Místa, jako jsou napojovací body nebo zesílené stěny GIM plastových výrobků, resp. dlouhá a/nebo úzká (nebo jinak tvarově komplikovaná) jádra forem pro výrobu plastových dílů, nejsou vždy dobře dostupné pomocí standardních kanálků s chladicí vodou. Důsledkem je, že tato „horká místa" jsou nedostatečně chlazena a vyžadují pro zchlazení delší časy, což zpomaluje celý průběh výrobního cyklu výrobku.
V rámci řady PLASTINUM Temp jsme vyvinuli řadu sofistikovaných řešení pro řízení teploty, která umožňují se více přiblížit k těmto „horkým místům" a zajistit jejich rovnoměrné rychlé zchlazení.

PLASTINUM Temp S

Bodové chlazení vstřikovacích forem
Naše patentované řešení PLASTINUM Temp S využívá kapalný oxid uhličitý (LIC) jako účinné chladicí médium pro horká místa. PLASTINUM Temp S k tomu využívá mimořádného chladicího výkonu expandujícího oxidu uhličitého, který umožňuje zkrátit doby cyklu až o 50 %. Naším technologickým balíčkem pro bodové chlazení, zahrnujícím měřicí a řídicí jednotku, LIC rozdělovače a kapiláry, můžete snadno dovybavit Vaše stávající instalace.

PLASTINUM Temp D

Dynamické vstřikování do formy pomocí oxidu uhličitého
Naše řešení PLASTINUM Temp D zvyšuje účinnost dynamického vstřikování použitím oxidu uhličitého jako nosiče tepla. To umožňuje výrobcům instalovat systémy pro ohřev forem i jejich chlazení blízko povrchu forem a minimalizovat tak délku cyklu. Pro chlazení se LIC dodává z lahví/svazků lahví nebo velkoobjemových zásobníků s kapalným oxidem uhličitým, ten pak expanduje v systému tenkých kanálků speciálních vložek do forem. Naopak pro ohřev se horký plynný oxid uhličitý protlačuje týmiž tenkými kanálky, vše v uzavřeném cyklu.
Tato kompaktní konstrukce poskytuje zajímavé přidané hodnoty a představuje přínos pro životní prostředí.

Balíček „Vše v jednom"

Naše nabídka řady PLASTINUM zahrnuje technologie, know-how, zařízení a služby, kterými podporujeme, optimalizujeme a zefektivňujeme všechny výrobní procesy využívající technické plyny.

Obsahuje následující klíčové položky:

1. **Naši rodinu PRESUS™ nákladově efektivních řešení zásobování vysokotlakými plyny jak pro dusík, tak pro oxid uhličitý, jasně převyšující ekonomickou efektivitu plynových kompresorů.**
2. **Náš systém DSD 500 pro vysoce přesné měření průtoku LIC.**
3. **Řešení komplexního zásobování plyny, zahrnující tlakové láhve, zásobníky, rozvody potrubí pro plyny, odpařovače, specializované hardwarové vybavení a měřicí a řídicí jednotky.**
4. **Řešení CRYOCLEAN® pro čištění forem in-situ pomocí pelet, částic nebo „sněhu" suchého ledu.**
5. **Konzultace, návrhy technických a technologických řešení, technologické zkoušky, začlenění, zprovoznění a související podpůrné služby.**

LINTECH

Firma Lintech, spol. s r.o. byla založena v roce 1993 za účelem vývoje v oblasti laserové technologie, automatizace, stavby jednoúčelových strojů a zakázkové výroby. Od té doby společnost Lintechrozšířilasvůj záběr také o službu zakázkového značení výrobků a dílů, výrobu razidel, identifikačních a výrobních štítků, zakázkové navařování, zakázkovou montáž elektrotechnických dílů a další. To vše pod záštitou norem a standardů té nejvyšší kvality.
Nejen v oblasti výroby jednoúčelových strojů, ale také v ostatních oblastech např. zakázkové výroby či montáže, je důležité být stále konkurenceschopní a posouvat tak výrobu dál. Hledat nové technologické postupy, certifikovat ty stávající a vzdělávat své zaměstnance.

Mobilní laserová stanice s flexibilním ramenem pro popis a gravírování forem a rozměrných kusů

Téměř všechny předměty vyráběné odléváním či vstřikováním do forem musí být nějakým způsobem označeny. Pro tyto případy se do formy vždy umisťuje zrcadlově obrácený popis, který se pak také obtiskne či vyleje na vyráběnou část. V případě změny popisu se musí celé místo přebrousit, navařit a znovu vygravírovat. Dosavadní metody byly ovšem vždy složité, zdlouhavé na provedení a výsledek ne vždy dosahoval kýžené kvality. Situace se ale změnila při nástupu laserové technologie.

Konstruktéři společnosti Lintech navrhli a zkonstruovali mechanismus s pohyblivým ramenem a zavěšenou laserovou hlavou. Technologie byla konstruována tak, aby vyhovovala především gravírování forem a předmětů s obtížnou manipulací. Využití je i v oblastech s upřednostněním přenosného laseru. Vzhledem ke konstrukci je však manipulace s laserem bezpečná a nehrozí poškození laserové hlavy jako u volně ložených systémů.

Ve spojení s vláknovými lasery se jednáo univerzální gravírovací nástroj s ostrostí paprsku 0,035mm a pracovním polem 110x110mm. Akční rádius ramene je téměř dva metry a výška značených předmětů může být v podstatě libovolná.Tato technologie plnohodnotně zastoupí elektroerozivní gravírování a značení forem.Výhodou je flexibilita, rychlost nastavení, rychlost zpracování a jednoduchost celého procesu.
Díky uživatelsky přívětivému software má uživatel velmi dobrý přehled a kontrolu nad celým procesem. Ten je možné kdykoli zastavit, zkontrolovat a následně pokračovat.Vzhledem k řešení ramene je navíc laserová hlava velmi dobře chráněna před poškozením.

Víceúčelová svařovací laserová stanice na tvorbu nerozebíratelných spojů plastů

Druhou nenahraditelnou oblastí laserových aplikací je laserové svařování. V tomto oboru firma Lintech patří mezi výhradní dodavatele pro některé nadnárodní korporace v oblasti Automotive již několik let. Přidanou hodnotou je kompletní řešení a realizace projektu. Od svařování jak plastových tak i kovových součástí, testování a vývoje spojování materiálů až po stavbu a dodávku jednoúčelové svařovací stanice. Velmi důležité je při svařování plastových komponent zvolit správnou metodu svařování. Nejčastěji jsou využívány metody obvodové a kvazi-simultánní. V obou případech se jedná o způsob svařování využívající tepla laserového paprsku a tlaku, který je vyvozen vnějším přítlačným mechanismem na svařované díly. Při těchto

metodách je vždy laserová soustava i svařovaný díl v klidovém stavu a pohyb paprsku zabezpečují vysokorychlostní zrcadla. Podobně je tomu i u svařování kovových komponent, např. nerezových rotačních součástí – čidel či sensorů. Tam je navíc možné hýbat pouze se svařovaným kusem a laserový paprskem může svítit pouze do jednoho bodu. Pohyb dílu obstarává buď rotační osa, nebo jiný pohyblivý mechanismus. Mechanismy a díly svařovacích i popisovacích stanic je možné po konzultaci upravit nebo nahradit odběratelem žádaným typem.

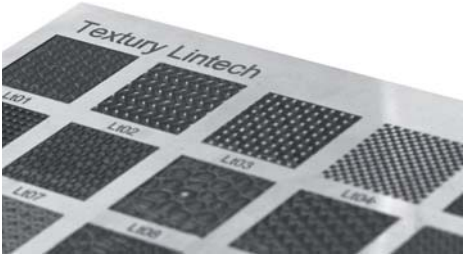
Jedním z nejdůležitějších jednoúčelových strojů, navrhovaných firmou Lintech je svařovací karusel Lintech WS, primárně určený pro svařování plastových dílů.
Je vybaven čtyř-polohovým karuselovým stolem, který značně zrychluje takt stroje – zatímco v první poloze jsou zakládány nové díly, v dalších pozicích jsou v tom samém okamžiku předchozí díly svařovány, kontrolovány a otáčeny zpět k obsluze k vyjmutí.

Karusel je řízen pomocí kombinace PLC jednotky a PC.PLC řídí základní chod stroje, mechanické a pneumatické prvky, prostřednictvím jeho dotykového panelu rovněž probíhá ovládání stroje. PC pak řídí kontrolu procesu a jeho širší vizualizaci včetně prezentace naměřených výsledků. Díky specializovanému softwaru LINWELD umožňuje připojit a řídit většinu dalších periferií či komunikovat s jinými informačními systémy.Karusel disponuje dvěma nezávislými kontrolními mechanismy svařovacího procesu. První z kontrolních mechanismů je termokamera snímající díly v okamžiku jejich svařování. V závislosti na porovnání teplotních hodnot bodů právě svařovaného dílu s teplotními hodnotami vzorového procesu je vyhodnocována kvalita svaru, resp. zda došlo k úspěšnému či neúspěšnému svaření.Druhá kontrola kvality svaření dílů spočívá v mechanickém měření dráhy provaření, tedy míry „prolnutí" obou dílů. Ta je opět porovnávána s ideálním vzorem, aby poskytla informaci o výsledku svaření. Ke karuselu lze připojit řadu periferních zařízení, jakými je např. čtečka čárových kódů pro hlídání traceability svařovaných dílů, či kameru pro kontrolu jejich správného založení.

Hlavní výhody této laserové stanice jsou tedy vysoký takt svařování, několikanásobná kontrola svařování, možnost napojení stanice na interní informační systém a možnost připojení řady periferních zařízení.Tímto laserová technologie v oblasti svařování předčí všechny ostatní technologie a svojí produktivitou práce podpoří rentabilitu projektu za velmi krátký čas.

Zakázková tvorba dezénů a textur ve formách pomocí laserového paprsku

Současné metody obrábění vložek do forem a samotných forem jsou velmi nákladné, zdlouhavé a složité na provedení. Navíc kvalita obrábění většinou nesplňuje požadavky zákazníka a celé aplikace. Pro opravdové detailní provedení reliéfu dezénu na formě či vložce je nejefektivnější použít laserové technologie. Díky její rychlosti se uspoří čas při výrobě dezénu, ale také čas při jejich návrhu, jelikož v laserovém softwaru je tvorba různých motivů velmi rychlá. Lze navíc texturovat různé druhy materiálů a měnit i jejich jemnost.



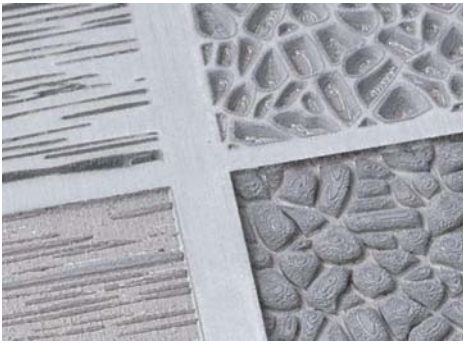
Laserové gravírování pomocí laserového paprsku představuje dokonalé vytvoření gravírované plochy jak po technické tak po estetické stránce. Tato moderní laserová technologie je založena na odpaření materiálu laserovým paprskem. Touto technologií lze vytvářet jak jemné reliéfy, tak reliéfy větších hloubek v řádu mm.

Podle složitosti motivu lze rozlišit 2D gravírování, kdy je dno rytiny v jedné konstantní hloubce a 2,5D gravírování, kdy je možné vytvořit víceúrovňový motiv. Speciální technologií laserového gravírování je laserové texturování - tvorba dezénu. Dezén úzce souvisí s designem výrobku. Tedy jeho vnímání okem či hmatem. Zjednodušeně řečeno dezénem je myšleno přenesení textury - tj. zajímavého nebo na dotek příjemného vzoru - motivu na povrch stěn lisovacích nebo vstřikovacích forem, vyjiskřovacích elektrod, razidel na povrch finálního výrobku atd.

Díky strojům a softwarovému vybavení je možné tuto technologii obrábění uvést do praxe. Velikost plochy, kterou je možné takto obrábět je cca 110×110 mm. Plochy mohou být nakloněny pod úhlem případně mírně tvarově zakřivené.

Hlavní výhody laserové tvorby dezénů jsou tedy bezkontaktní a čisté zpracování, špičková kvalita, přesnost a rychlost, velká variabilita textur případně vlastního motivu textury nebo dezénu, texturování rovinného povrchu, použití pro různé materiály (ocel, mosaz, měď, grafit, AL atd.), velmi detailní zpracování a možnost ovlivnění drsnosti textury nebo dezénu.

Lze jej využít tedy na výrobu ozdobných reliéfů jako náhrada za technologii rytí, na výrobu detailů do forem jako jsou loga či reliéfy, nebo pro plastikářský a gumárenský průmysl a na výrobu nástrojů jako jsou např. razníky.



Integrovaný CAD/CAE/CAM software pro výrobu nejnáročnějších vstřikovacích forem a střižných nástrojů

Úspěch a přežití na globálním trhu může záviset na jediné konkurenční výhodě nebo na vysoce kvalifikovaných znalostech a zkušenostech budovaných po dobu několika let. Vero Software přináší obojí, kombinuje specializované aplikace pro konstrukci a výrobu se zkušeným týmem vývojářů, díky kterým se Vero Software drží na první příčce mezi dodavateli CAD/CAM softwarů v počtu prodaných licencí.

CAD/CAM systém VISI je dalším z produktů společnosti Vero Software, pro jehož prodej a technickou podporu získala společnost Nexnet, a.s výhradní zastoupení pro Českou a Slovenskou republiku. VISI je specializovaný software pro konstrukci a výrobu vstřikovacích forem, postupových střižných nástrojů a elektrod, jehož základem je integrovaný hybridní, plošný a objemový modelář pracující na jádru Parasolid. Systém VISI je unikátní v tom, že pokrývá všechny aspekty výroby vstřikovacích forem – od tvorby modelu, modelové analýzy, přes simulaci tečení až po výrobu.

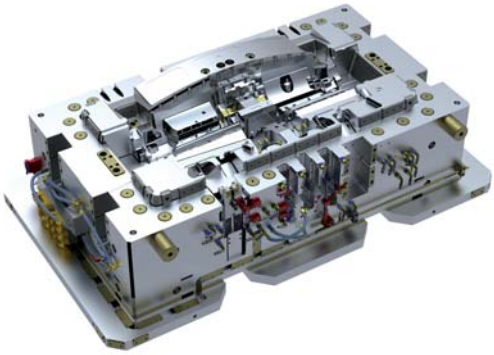
Široká nabídka možností načítání 3D modelů umožňuje načítání CAD souborů v téměř jakémkoliv formátu, jednoduše lze zpracovat také velmi objemné modely. VISI nativně načítá CAD soubory formátu Parasolid, IGES, CATIA V4 a V5, Pro-E, UGX, STEP, SolidWorks, SolidEdge, ACIS, DXF, DWG, STL a VDA. Pokud při importu takového souboru chybí část modelu, VISI disponuje nástroji pro rychlou opravu poškozených 3D modelů.

Výroba forem

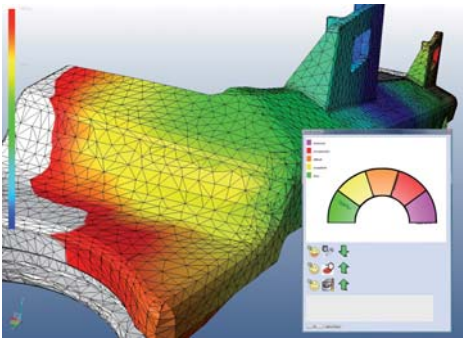
Konstrukce forem je ve VISI jednodušší díky použití parametrické struktury umožňující konstruktérovi rychlou tvorbu formy. Díky využití knihovny normálií od předních dodavatelů jsou navíc opakované úkony konstruktéra značně redukovány.Princip sdílení dat, při kterém má konstruktér přístup jak ke globálním datům formy, tak individuálním parametrům jednotlivých desek umožňují rychlou modifikaci formy. Řízení změn probíhá tak, že jakákoliv změna desek automaticky provede všechny změny návazné geometrie – normálií. Kusovník se vytváří automaticky a lze jej exportovat jako externí dokument pro další využití, jako je sestavení objednávek dílů a normálií, tak jako součást výkresové dokumentace.

Před samotným konstruováním formy lze ve VISI spustit analýzu procesu vstřikování taveniny do formy. Výsledkem této analýzy je zhodnocení plnění a chlazení formy a upozornění na případné deformace, studené spoje či vzduchové kapsy. Výstupem analýzy je lokalizace vtoků a zobrazení rozvodu taveniny ve formě, průtoku chladicí kapaliny a rozmístění chladicích kanálů. Po ukončení analýzy lze začít s konstrukcí formy.

Předvýrobní a povýrobní analýzy jsou zajisté velmi užitečné, ale nejsou-li vztaženy k celému procesu, nemohou zaručit kompletní optimalizaci dílu/výstřiku/formy a jim odpovídajícímu formovacímu procesu. To lze zajistit pouze prostřednictvím integrované analýzy. Nepřerušovaná výměna dat mezi konstrukčním prostředím a prostředím analýzy umožňuje identifikovat možné kritické situace, nastavovat nejúčinnější parametry formování, optimalizovat rozmístění vstřikování a chlazení a předcházet problémům týkajících se jakékoliv části konstrukčního procesu plastového komponentu.



Obr. 1. Návrh vstřikovací formy

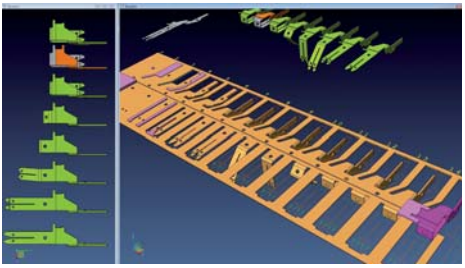


Tvorba elektrod může být jednou z nejsložitějších a časově nejnáročnějších činností každého výrobce forem. V rámci konstrukční části VISI naleznete modul VISI Electrode, tedy automatizovaný modul pro tvorbu a správu elektrod a jejich držáků pro razantní zrychlení práce a zvýšení produktivity návrhu a výroby elektrod. Zkušení konstruktéři vítají kombinaci automatizace konstrukce elektrod s možností ručních úprav, díky kterým mají volnou ruku při editaci návrhu elektrody.

Obr. 2. Vstřikovací analýza

Výroba stržných postupových nástrojů

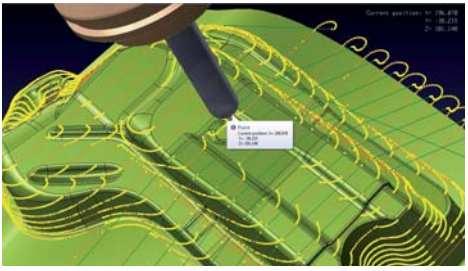
VISI dále disponuje modulem Progress určeným ke konstrukci lisovacích a postupových střižných nástrojů. Na rozdíl od standardních konstrukčních aplikací je VISI Progress účinnější a produktivnější při konstrukci těchto nástrojů, neboť již během práce eliminuje riziko vzniku konstrukčních chyb. Samozřejmostí je možnost rozvinu plošných i objemových modelů do roviny, která je díky komplexní databázi materiálů ještě přínosnější. Konstruktér je pak informován o míře ztenčení, případně trhání plechu. Z rozvinutého dílu lze jednoduše ve 3D náhledu zobrazit střižné pole, vypočítat materiálový odpad, potřebné síly ohybů, atd.



Obr. 3. Konstrukce postupových střižných nástrojů

CNC obrábění

Vedle silného CAD nástroje disponuje VISI také CAM částí pro 2D, 3D a 5osé plynulé frézování, drátové řezání a pětiosé laserové řezání. 2D a 3D dráhy mohou být tvořeny přímo z 3D modelu s automatickým rozpoznáním geometrie a technologie obrábění těchto útvarů (díry, kapsy atd.).



Všechny dráhy nástroje jsou přizpůsobeny pro vysokorychlostní obrábění s konstantním zatížením nástroje, hladkými NC dráhami bez kolizí a s automatickým vygenerováním NC kódu.
Do prostředí VISI je integrována špičková technologie drátového řezání PEPS, která byla vyvinuta speciálně pro přesné strojírenství, výrobu forem a lisovacích, střižných a postupových nástrojů. Také u drátového řezání VISI je samozřejmostí automatické rozpoznávání útvarů. Strategie drátového řezání VISI nabízejí několik přednastavených možností pro různé způsoby obrábění, ať už se jedná o denní provoz s obsluhou, nebo noční provoz bez obsluhy.

Obr. 4. CNC obrábění

O Nexnet, a.s.

Akciová společnost Nexnet je již několik let strategickým partnerem a distributorem softwarů od Vero Softwaru. Vero Software je společnost vyvíjející software Edgecam pro produktivní kovoobrábění, Alphacam pro obrábění dřeva, kovu a kamene, Radan pro efektivní tváření plechu, Cabinet Vision pro návrh a výrobu nábytku a již zmíněné VISI pro konstrukci a výrobu vstřikovacích forem a střižných nástrojů.

Nexnet disponuje vlastní nástrojárnou, kde jsou v konstrukci a technologii nasazeny softwary VISI a Edgecam. Spojením výhradního zastoupení a nasazení softwarů ve vlastní výrobě tak vzniká jedinečné technologické centrum, které našim zákazníkům poskytuje možnost nahlédnutí do praxe, školení přímo ve výrobě a především čerpání ze špičkových znalostí a dovedností našich specialistů získaných denní praxí.

Vedle softwarů od Vero Softwaru je Nexnet také dodavatelem intuitivního 3D CAD softwaru pro přímé modelování – SpaceClaim. SpaceClaim je revolučním nástrojem pro rychlou a přímou tvorbu a úpravu modelů, načítá všechny přední CAD formáty a jeho součástí je také speciální modul pro práci s plechy, včetně rozvinu plechových dílů.

Nexnet je autorizován nejen na prodej těchto softwarů, ale také na jejich technickou podporu, odborného školení, zakázkové tvorby postprocesorů atd.

Závěrem

Použitím komplexního řešení od Vero Softwaru minimalizujete čas návrhu forem a nástrojů, redukujete dobu konstrukce, programování i strojní časy obrábění. Když k tomu přičtete komplexní simulační a kontrolní nástroje, získáváte systém, který nejen že zjednodušuje každodenní práci, ale také snižuje riziko vzniku chyb, které výrobu výrazně prodražují a prodlužují. Tím vším získáváte značnou konkurenční výhodu.

Rozměrové a tvarové tolerance, jakost povrchu při vstřikování termoplastů

Úvod – fyzikální procesy probíhající v polymerech při jejich zpracování vstřikováním

Vstřikování patří k cyklickým tvářecím procesům, které se vyznačují tím, že zpracovávaný materiál se v rámci cyklu v žádném okamžiku nedostává, z termodynamického hlediska, do zcela rovnovážného stavu vzhledem k podmínkám, ve kterých se právě nachází. Podmínky vyjádřené teplotou, dobou procesu, velikostí napětí či rychlostí deformace se v rámci výrobního cyklu nacházejí na různých úrovních a poměrně rychle se mění. Jsou odlišné i v různých částech tvarové dutiny vstřikovací formy. Jejich soubor představuje historii dějů, kterými plast prošel při svém zpracování na výrobek. Obecně pak můžeme říci, že výsledné vlastnosti výrobku jsou také funkcí této historie. V případě vstřikování je dána způsobem a podmínkami přípravy taveniny, podmínkami dopravy taveniny do formy a jejího rozvodu v dutině formy, podmínkami dotlaku a vlastního chlazení až do otevření formy.

Výše popsané fyzikální procesy, probíhající při vstřikování termoplastů, se v reálném výrobním procesu promítají do hodnocení jakosti finálního produktu procesu,tj. do konkrétního výstřiku, respektive do jeho kvalitativních kritérií,přičemž mezi nejčastější kritéria jakosti patří rozměrová a tvarová přesnost, včetně jakosti povrchu výstřiků.

Lícování – definice pojmů pro rozměrovou a tvarovou přesnost, jakost povrchu

Hromadná výroba a montáž vyžaduje možnost sestavovat k sobě patřící součásti bez jakéhokoliv přizpůsobování, proto musí být na výkrese předepsány nepřesnosti (úchylky) výroby tak, aby byla zaručena funkčnost výrobku a přitom zůstala cena výrobku přijatelná.

Z hlediska tolerování jsou definovány 3 typy kót:

1. **Kóty funkční** – důležité z hlediska funkce, toleranční značka nebo mezní úchylky se zapisují za jmenovitou hodnotu rozměru

2. **Kóty nefunkční (tzv. volné)** – platí pro ně všeobecné mezní úchylky (ČSN 01 4240 – ISO 2768-1) ve 4 třídách přesnosti.

3. **Kóty informativní** – jako jediné nemají toleranci (jmenovitý rozměr se uvádí v kulatých závorkách). Je buď kótou součtovou (celkovou) v řetězci kót nebo jednou z řetězce kót.

Mezní úchylky (rozměru, tvaru a polohy) jsou definovány pomocí tzv. obalových ploch, případně obalových čar.

Obalové plochy (čáry) jsou geometrické plochy (čáry) téhož druhu jako plochy určené svými rozměry na výkresu a přikládají se tečně vně materiálu ke skutečné ploše (profilu). Za osy nebo středy skutečných ploch se pokládají osy nebo středy ploch obalových.

Předepisování přesnosti délek a průměrů:

Z ekonomických důvodů byly vytvořeny 2 soustavy, které obsahují vybraná uložení (omezuje se tak počet potřebných pomůcek pro výrobu i měření):

1. **Soustava jednotné díry** – různých vůlí a přesahů se dosahuje kombinací několika vůlí pro hřídele a jednotné tolerance pro díru. Tolerance díry má polohu H (má nulovou dolní mezní úchylku). Tato soustava se používá nejčastěji a to z ekonomických důvodů,protože různé velikosti hřídelů lze snáze vyrobit než díry.

2. **Soustava jednotného hřídele** - různých vůlí a přesahů se dosahuje kombinací několika vůlí pro díry a jednotné tolerance pro hřídel. Tolerance hřídele má polohu h (má nulovou horní mezní úchylku).

Správná funkce součásti je závislá nejen na dodržení požadované přesnosti rozměrů, ale také předepsaného geometrického tvaru ploch a jejich vzájemné polohy. Při vyhodnocování tolerancí polohy je vždy jeden prvek (plocha, hrana, osa) zvolen jako základna, od ní jsou úchylky měřeny.

Drsnost je souhrn nerovností povrchu s relativně malou vzdáleností, které nevyhnutelně vznikají při výrobě nebo jejím vlivem. Do drsnosti se nepočítají vady povrchu, tj. náhodné nepravidelné nerovnosti, které se vyskytují jen ojediněle (rysky, trhlinky, důlky apod.) a které vznikají vadami materiálu, poškozením aj.

Toleranční pole součástí z plastů podle ČSN 01 4265, ČSN 64 0006, DIN 16 901 a DIN 16 742

Výše popsané technické postupy pro tolerování,lícování a stanovení drsnosti platí obecně i v oboru vstřikování termoplastů.

Pro znalostní tolerování rozměrů výstřiků z termoplastů, tj. tolerování vycházející ze znalosti vlastností vstřikovaných materiálů, včetně technologického procesu a ne jen z intuice konstruktéra, která obvykle vychází z poznatků z konstrukce kovových dílů, by tento měl znát alespoň jednu z norem uvedených v nadpise této kapitoly Toleranční pole součástí z plastů tolerance uvedené v normách se týkají technologického procesu vstřikování,lisování a přetlačování výrobní tolerance nejsou zde tedy zahrnuty možné změny vzniklé v důsledku působení pracovního prostředí na konkrétní výrobek je zohlednit.

Česká norma ČSN 01 4265-1982 Toleranční pole součástí z plastů se zabývá pouze tolerančními poli tolerovaných rozměrů. Pro netolerované rozměry platí původní norma ČSN 64 0006-1974 Tolerance a mezní úchylky rozměrů pro tvářené výrobky z plastů vydaná v roce 1974. ČSN 01 4265 vychází z původní ČSN 64 0006.

Normy jsou komerčně k dostání u jejich vydavatele - Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, dříve Český normalizační institut, v příslušných prodejnách, knihovnách nebo elektronicky, například CSN ONLINE.

V některých firmách se pracuje podle standardů DIN, proto uvedu řešení tolerancí i podle norem DIN. V říjnu 2009 byla původní norma DIN 16 901-1982 zrušena a po dlouhých diskusích a připomínkovém řízení vydal německý institut DIN-Deutschen Institut für Normung v roce 2013 novou normu-DIN 16 742-2013.

Porovnání normy DIN 16 742-2013 s normou DIN 16 901-1982:

- obě normy, stejně jako česká norma ČSN 01 4265-1982,uvádějí pouze výrobní tolerance
- norma DIN 16 742-2013 zavádí symetrické tolerance o kolo jmenovité hodnoty
- přidává tabulku tolerančních polí pro průměry děr
- tabulky tolerancí rozměrů délkových i průměrů obsahují v současné době znalosti, technologický

proces,technická zařízení pro realizaci výroby, atd.

- dosažitelné toleranční pole (stejně jako v době svého vzniku tolerance v DIN 16 901-1982)
- skutečně dosažitelné tolerance závisí na erudici a technickém vybavení konkrétního výrobce výstřiků
- nová norma je koncipována i jako systém hodnocení posuzující dosažitelnost tolerancí u příslušného výrobce výstřiků
- DIN 16 742-2013 nově definuje skupiny tolerancí pro díly z plastů-TG 1 až TG 9 (TG-toleranzgrupen)
- nové skupiny tolerancí jsou napojeny na základní ISO toleranční pole podle normy ISO 286-1
- uvedená korelace na ISO toleranční pole je možno pracovat v obou soustavách v normě DIN 16 901-1982 nebyla a není ani v ČSN 01 4265-1982
- z nové normy vypadla problematika řešení vyhazovacích úkosů,což z mého pohledu a zkušeností není nejlepší přístup (důvodem mého názoru je nízká úroveň znalostí konstruktérů a designérů dílů z plastů).

V normách jsou uvedeny i podmínky pro kontrolu a přejímání, které stanovují,že výstřik před měřením má být kondiciován v prostředí o teplotě 23 +/- 2 °C, při relativní vlhkosti vzduchu 50 +/- 5 %, po dobu ČSN 24 hodin a DIN minimálně 16 hodin (maximálně 72 hodin) od vyjmutí z tvarové dutiny vstřikovací formy.
Jak normy ČSN, tak i normy DIN rozdělují plasty do skupin, rozeznávají toleranční skupiny třídy přesnosti a rozměry vázané a nevázané formou.
Do skupiny rozměrů nevázaných formou jsou zařazeny všechny rozměry,u kterých se může jejich konečný rozměr změnit v důsledku „pohybu" tvarových dílů formy (například čelisti nebo rozměry vázané na hlavní dělící rovinu).
Rozměry vázané formou jsou pevně tvarovými díly formy zafixovány například průměry a hloubky otvorů tvořených jádry forem.

Rozdělení tolerančního pole by vždy mělo být +/- 1/2T, tj. souměrné okolo jmenovité hodnoty rozměru. DIN 16 742-2013 toto předepisuje.
Uvedený postulát vychází z požadavku na minimalizaci chyb a problémů. Konstruktér formy pracuje s 3D modelem výstřiku, který zvětší o jednotné smrštění.
V případě jednostranných tolerancí,které jsou uvedeny na výkresu výstřiku buď musí být 3D model v dané partii přemodelován na střední tolerance nebo při výrobě výstřiků, pokud rozměr nemá dostatečně velkou toleranci, vznikne rozměrový problém.
Pro doplnění ještě uvádím normu ČSN 01 4395 Výběr tolerančních polí a uložení pro metrické závity součástí z plastů.

Závaznost a uplatňování českých technických norem

Právní úprava technické normalizace je obsažena v Zákonu č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a ve změnách a doplnění některých zákonů, ve znění Zákona č. 71/2000 Sb. a Zákona č. 102/2001 Sb.Zákon č. 22/1997 Sb. nabyl účinnosti 1.9.1997. Cílem jeho vypracování bylo vytvořit základ k právní úpravě odpovídající čl. 75 Evropské dohody, která obsahuje závazek České republiky "dosáhnout ve spolupráci s EU plné shody s technickými předpisy ES, evropskou normalizací a postupy posuzování shody". Následné změny zákona uvádějí jeho znění do plného souladu s legislativou Evropského společenství.
Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky stanoví, že české technické normy (ČSN) nejsou obecně závazné.
Evropské harmonizované normy jsou nezávazné a nezávazné tedy musí zůstat i při jejich převzetí do národních norem členských států EU a států ESVO.

Konstrukce výstřiků a forem – smrštění, změny rozměrů a tvarů, deformace

V konstruktérské praxi je určení rozměrů tvářecích částí vstřikovacích forem, včetně tolerance rozměrů, jedním z rozhodujících úkonů, protože rozměry formy tvoří základní předpoklad pro dosažení optimálních rozměrů

výstřiků. Při stanovení zásad pro výpočet jmenovitého rozměru a tolerancí tvářecích částí forem se vychází ze stejných hodnot výstřiku – jmenovitý rozměr a jeho souměrná tolerance. Podle příslušných norem jsou tolerance výrobku zařazeny do stupňů přesnosti v návaznosti na skupiny plastů, které jsou sestaveny se zřetelem na možnost dosáhnout určité přesnosti rozměrů. Do úvahy je nutno zařadit i další faktory jako rozměry tolerované a netolerované, rozměry vázané a nevázané formou.

Jak již bylo uvedeno, výchozí rozměr pro výpočet rozměrů tvářecích částí forem je dán rozměrem výstřiku:

- **rozměr charakteru díra** – výchozí rozměr je rozměr minimální
- **rozměr charakteru hřídel** – výchozí rozměr je rozměr maximální
- **rozměr charakteru rozteč** – výchozí rozměr je rozměr střední
- **pozor charakter rozměru** určuje i místo měření příslušného rozměru s úkosem pro vyjímání výstřiku z tvarové dutiny formy a s dalším součtovým úkosem pro vyjímání z formy v případě desénovaného povrchu výstřiku u rozměru typu díra se vždy měří minimální rozměr a u typu hřídel rozměr maximální

K takto stanovenému výchozímu rozměru se připočte hodnota středního výrobního smrštění. Jeho hodnota je dána materiálovými listy příslušného plastu, přičemž se přihlíží i ke zkušenostem konstruktéra formy a k vlivům, které smrštění ovlivňují. Dále se přihlíží k tolerančnímu poli příslušného rozměru výstřiku (0,6 až 0,7 tolerance výrobku využíváme pro pokrytí nepřesnosti při určení výrobního smrštění).

Tolerance tvářecích částí formy by měly být cca 10% tolerance rozměru výstřiku u tolerovaných rozměrů a u netolerovaných cca 25% tolerance dílu. V praxi je rozměr výstřiku zatížen dalšími vlivy. Pod obecný pojem přesnost rozměrů se zahrnují jak výrobní nepřesnost – dodržení předepsaných rozměrů a tolerancí při vlastním vstřikování, tak i funkční nepřesnost – zachování předepsaných rozměrů a tolerancí při funkci výrobku. Přitom změny rozměrů, které nastávají při výrobě a funkci výstřiku, jsou vratné i nevratné.

Velkou roli v rozměrové přesnosti výstřiků z termoplastů hraje anizotropie rozměrových změn. Anizotropie neboli směrová rozdílnost rozměrových změn je způsobena především orientací makromolekul a plniva, zejména vláknitého, včetně krystalických útvarů u částečně krystalických termoplastů. U neplněných termoplastů existuje vlivem orientace makromolekul rozdíl mezi smrštěním podélným (ve směru toku taveniny) a smrštěním příčným (ve směru kolmém k toku taveniny). Vzhledem k řadě působících vlivů a vlastnostem jednotlivých termoplastů nelze obecně říci, které smrštění bude větší a které menší. Rozdíly ve směrovém smrštění bývají menší u amorfních termoplastů (5 až 10 %), větší u částečně krystalických termoplastů (10 až 25 %).

U termoplastů plněných vláknitým plnivem je smrštění ve směru toku taveniny vždy menší než ve směru kolmém na tok, a to o cca 20 až 60 % podle obsahu plniva. U materiálů plněných částicovým plnivem se rozdíl mezi příčným a podélným smrštěním zmenšuje a při obsahu kolem 40 % plniva je smrštění již prakticky izotropní, tj. stejné ve všech směrech.

Dosmrštění u neplněných termoplastů je větší ve směru orientace makromolekul než kolmo k ní a je všeobecně větší než u plněných termoplastů.

Teplotní roztažnost – používání výstřiků při vyšších teplotách – má za následek i větší dodatečné smrštění, přičemž teplotní roztažnost je menší ve směru orientace makromolekul než ve směru kolmém.

Rozměrové (i další změny strukturní, vnitřní pnutí, relaxační pochody, atd.) změny probíhající ve výstřiku po jeho vyhození z tvarové dutiny formy jsou časově závislé viz odkaz na dobu měření v ustáleném stavu v normě DIN 16 742-2013.

Závěr - praktické dopady lícování

Obecně dosažitelnou přesnost je při výrobě výstřiků z termoplastů možno definovat takto:

IT 10 až IT12
amorfní termoplasty – PS, SAN, PVC, PC,...

IT 11 až IT 13
částečně krystalické termoplasty – HD-PE, PP, PA, POM, PBT, PET,...

IT 14 až IT 16
„měkké" termoplasty – LD-PE, EVA ,TPE,...

Větší přesnost (nižší stupeň IT) lze dosáhnout u menších výstřiků z jednonásobných forem. Totéž platí u rozměrů vázaných formou (obvykle kolmo ke směru otevírání formy). Rozdíl v přesnosti je cca jeden stupeň IT. Důvodem je, že rozměry výstřiku ve směru otevírání formy mohou být ovlivněny pružnou deformací formy v důsledku použití vyššího vstřikovacího tlaku nebo rychlosti vstřikování. Lepších výsledků je možno též dosáhnout na elektricky poháněných vstřikovacích strojích než na strojích s hydraulickým pohonem. U strojů platí, že čím více výrobních parametrů je regulovaných (reprodukovatelnost parametrů výroby), včetně tepelného režimu vstřikovací formy, tím lze dosáhnout větší přesnosti výstřiků (až o jeden až dva stupně IT).

Tvarová a rozměrová přesnost jsou obvykle hlavními požadavky kladenými na technické výstřiky z pohledu jejich jakosti. Uvedené normy nejsou závazné, a proto tolerance rozměrů, včetně hodnot úchylek tvarů a polohy jsou obvykle smluvní, jakostní podmínky dohodnuté oběma stranami – výrobcem a odběratelem. Jak bylo uvedeno, na přesnost rozměrů výstřiků z termoplastů působí celá řada faktorů, a proto by mezi dohodnutými podmínkami pro vzájemnou kontrolu jakosti měly být uvedeny i přesné podmínky, za jakých jsou zejména rozměry měřeny – teplota, čas, vlhkost, provozní, skladové podmínky atp. Teprve potom má předepisování užších tolerančních polí, než je uvedeno v ČSN 01 4265 nebo v DIN 16 742 smysl. Při konstrukci výstřiků by mělo platit pravidlo: „Tolerance rozměrů se nestanovuje tak přesně, jak to dovoluje výrobní tolerance, ale pouze tak, jak je potřeba s ohledem na funkci výstřiku". V případě nutnosti (při zvýšených výrobních nákladech) lze docílit IT9 a s vysokými náklady IT8. Tolerance ISO řady IT5, IT6 a IT7 jsou v běžné praxi nedosažitelné.
Přesto se běžně setkáváme s tolerancemi rozměrů v setinách milimetrů, např. ±0,05 mm. Zde je nutno si uvědomit, že takovou toleranci mnohdy neguje koeficient lineární teplotní roztažnosti vstřikovaných materiálů. Rozdíl mezi koeficientem lineární teplotní roztažnosti ocelí a plastů je cca jeden řád:
uhlíková ocel 11,7 . 10-6, antikorozní ocel 10,0 . 10-6, manganová austenitická ocel 16,0 . 10-6, PE, EVA 24 . 10-5, PP 18 . 10-5, PP+SV 7 . 10-5,PS, PS-HI,ABS,SAN,ASA 8 . 10-5, PA66 8 . 10-5, PA66+SV 2 až 3 . 10-5, PA6 10 . 10-5,PA6+SV 2 až 3 . 10-5, POM 12 . 10-5, POM+SV 3 . 10-5, PC 6 až 7 . 10-5, PC+SV 2 . 10-5, PC/ABS 7 až 8 . 10-5, PET 7 až 8 . 10-5, PBT 6 až 9 . 10-5, PBT SV 4 . 10-5, PPO 6 až 7 . 10-5, PPO+SV 3 . 10-5 K-1.

Dále je nutno si uvědomit, že v mnoha případech nelze měřit požadovaný rozměr přímo, ale pro jeho změření je nutno např. výstřik v daném místě rozříznout. Po rozříznutí ovšem v daném objemu výstřiku dochází k uvolnění obsahu vnitřního pnutí, případně k dalším relaxačním pochodům, což samozřejmě velmi výrazně ovlivní požadovaný výkresový rozměr. Navíc platí, že v důsledku reprodukovatelnosti procesu vstřikování v určitých tolerančních mezích v každém výrobním cyklu bude obsah vnitřního pnutí cyklus od cyklu, resp. výstřik od výstřiku, jiný, a tedy i rozměry budou jiné, což příliš úzké toleranční pole požadovaného jmenovitého rozměru nepokryje.

Z výše uvedených hodnot vyplývá, že např. pro běžný konstrukční plast PA66 je průměrná hodnota součinitele délkové teplotní roztažnosti 8.10-5K-1. Je-li tedy rozteč např. dvou otvorů na výstřiku z PA66 kótována jmenovitou hodnotou 115 mm s tolerancí ± 0,05 mm, vychází, že vlivem ohřevu o 7 °C z teploty okolí 23 °C na teplotu 30 °C je teplotní prodloužení jmenovité hodnoty 115 mm 0,0644 mm, což již překrývá povolenou horní toleranční mez.

Nasákavost jako vratný proces je jedním z dalších parametrů ovlivňujících rozměrovou přesnost výstřiků vyrobených z navlhavých termoplastů.

Tento složitý proces lze zjednodušeně popsat změnou hmotnosti, respektive objemu výstřiku:

Změna hmotnosti / jmenovitá hmotnost = změna objemu / jmenovitý objem

Další zjednodušení - s vědomým, že u reálných výstřiků jsou všechny změny anizotropické změna lineárního rozměru pro isotropní chování ve všech třech souřadných osách je přibližně rovna třetině změny objemu výstřiku, tj.:
Součinitel změny lineárního rozměru vlivem nasákavosti = změna objemu / 3 x jmenovitý rozměr nebo-li:
Změna lineárního rozměru = jmenovitý rozměr x součinitel změny lineárního rozměru vlivem nasákavosti.
Rozměr je v mm a součinitel nasákavosti má rozměr 0,01 x hodnota součinitele nasákavosti v %.

Příklad: jmenovitý rozměr je 115 mm, výstřik z PA 66, při užívání má rovnovážný obsah vlhkosti nasákavost cca 1,5 %.Třetina z 1,5 % je 0,5 %.Změna rozměru 115 mm v důsledku nasákavosti je tedy: 115 x 0,005 = 0,575 mm.
Pro informaci uvádím tabulku nasákavosti podle DIN 53 496 v %,objem zkušebního tělesa 5,89 ccm:
POM 0,35; PA 6 4,50; PA 12 0,50; PC 0,15; PET 0,25; TPU 1,40; PMMA 0,60; PTFE 0,00; PP 0,00; HD PE,LDPE menší než 0,01; PS 0,05; HIPS 0,06; SAN 0,16; ABS 0,50.

Změna rozměru od mechanického zatížení výstřiku by neměla překročit přípustné protažení:

změna rozměru = přípustné protažení v 0,01 % x jmenovitá délka v mm

Hodnoty přípustného protažení pro vybrané termoplasty v %: PMMA 0,5 až 1,0; PC 0,5 až 1,0; PS 0,15 až 0,3; POM 1,0 až 2,0; PP 1,0 až 2,0; LDPE 2,5 až 4,0; HDPE 1,5 až 3,0.

Příklad: jmenovitý rozměr 115 mm, výstřik z PP, přípustná změna od mechanického zatížení = 115 x 0,015 = 1,725 mm.

3D model vytvořený na střed tolerancí, výkres výstřiku jak ve 2D, tak i ve 3D (například ve formátu .jt) tvoří základní zadání pro výrobu výstřiku z termoplastu. Toto zadání vytvořené konstruktérem výstřiku,který svým zadáním definoval jeho vlastnosti, by mělo projít procesem zkoumání jeho feasibility proveditelnosti.
Proveditelnosti ve vztahu ke všem složkám vstupujícím do jeho výrobního procesu konstrukce výstřiku z pohledu jeho zaformovatelnosti, vstřikovaného granulátu, požadavku na rozměrovou a tvarovou přesnost, procesní parametry výroby.

Po prozkoumání proveditelnost,respektive po vzájemně dohodnutých úpravách je možno prohlásit 3D model a výkres výstřiku za vyrobitelný a zároveň je stanovit jako závazný podklad pro výrobu výstřiku.
Samozřejmě, že uvedený postup znamená,že na obou stranách odběratel a zadavatel výstřiku na jedné a jeho výrobce na druhé straně mají takové znalosti,které proces proveditelnosti jsou schopni realizovat.
Obecně platí, že příliš úzké tolerance přinášejí zvýšení výrobních nákladů, přes zvýšení zmetkovitosti,delší výrobní dobu, vyšší náklady na zkušebnictví. Naopak příliš široká toleranční pole mohou vést ke komplikacím při zaměnitelnost a montáži,mohou zapříčinit funkční selhání konstrukčních celků nebo mohou mít za následek omezení aplikovatelnosti.
Proto platí hlavní zásada lícování a stanovení tolerancí:

Tak přesně jak je to nutné, ale zároveň tak nepřesně jak je to možné

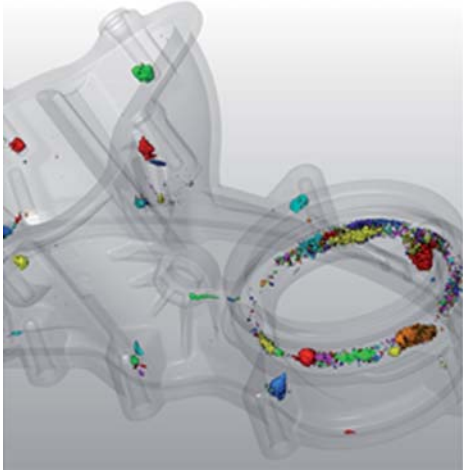
Bohužel, z důvodu neznalosti se s tímto principem setkáváme velmi zřídka,převládá princip malého dítěte: ***Já to chci i když nevím proč.***

Tvar a rozměry výstřiku jsou dány jeho 3D modelem. S ohledem na možnost případných rozměrových korekcí odebírání materiálu z konstrukčních dílů formy je výhodné rozměry u tvárnic stanovit jako minimální a u tvárníků jako maximální.

PLAST FORM SERVICE, s.r.o.,
Veleslavínova 75,CZ-285 22 Lysá nad Labem

Budoucnost patří **3D skenování**

Multisenzorový souřadnicový měřicí stroj Werth TomoScope® je vertikální koncepce pracující na principu rentgenového záření v kombinaci s dalšími senzory. Tato jedinečná technologie byla zpřístupněna na jaře 2005 v Německu a na podzim 2005 byla uvolněna i pro ostatní státy. Obecně vzato, TOMOSCOPE umožňuje získání, zpracování a rekonstrukci 3D dílců ze složených pohledů na vytvoření interních a externích geometrií.



Tato technologie je jedinečná díky tomu, že společnost Werth Messtechnik GmbH užila technologii tomografu a integrovala ji do multisenzorové dimenzionální metrologie. Výhodou CT je schopnost získat za krátký čas velké množství bodů měřených skrze vysoce přesný multisenzorový SMS. Stroj o takové konfiguraci je schopen nejenom měření „přístupných geometrií", ale stejně tak dobře i pro „konvenční metodu", skryté rozměry, úhly a průměry ze struktury uvnitř dílce. Touto rychlou metodou získané geometrie lze dále ještě zpřesnit
„kalibračními body" získanými vysoce přesným kontaktním senzorem pro zabezpečení preciznosti a opakovatelnosti výsledků. Doposud nebylo možno provést kompletní a přesné měření rozpoznáním všech

standardních geometrií, obecných ploch, vnitřních geometrií či nepřístupných částí dílce jako jsou skryté hrany nebo zápichy bez destrukce dílce.

Systém funguje tak, že se obrobek umístí na otočný stůl tak, aby ležel v paprsku vycházejícího z rentgenového zářiče. Jeho profil je detekován na detektoru, který jej přepočítá z rentgenového obrazu do digitálních 2D obrazů pro další zpracování. Objekt je po té otáčen o 360 stupňů a rentgenové obrazy jsou snímány v mnoha pozicích otáčení, následně je zrekonstruován v síť 3D bodů a zobrazen jako ucelený dílec.
Tato aplikace může být rozšířena integrací dalších senzorů, lze zahrnout senzor pro zpracování obrazu, který umožní operátorům vytvořit plně automatická, vysoce přesná měření na komplikovaných, extrémně nízce kontrastních površích díky průsvitu a módu nasvícení tmavých a světlých ploch. Další laserový senzor umožní měření profilů povrchů. Kontaktní senzor umožní vysoce přesné měření, pro optiku nepřístupných geometrií. Hlavně kontaktní, ale i optický snímač, může být užit pro zvýšení přesnosti tomografického měření matematickou korekcí.

3D skenování se stále více dostává do hledáčku společností hledající rychlý a přesný sběr 3D. Jedná se

o metodu, která přináší zkvalitnění a zrychlení interních postupů při modelování, simulacích, vizualizacích, výrobě a kontrole vyráběných dílů. Využití 3D dat lze rozdělit do oblastí:

- **Reverzní inženýrství** – tvorba parametrického CAD modelu z 3D naskenovaných dat
- **Kontrola kvality** – vyhodnocení odchylek k ideálnímu modelu CAD
- **Design** – oblast prototypů, načtení 3D dat do různých grafických programů
- **3D tisk** – přímý vstup 3D dat na 3D tiskárnách
- **Vizualizace a prezentace výrobku** – tvorba produktových videí, renderů a prezentací

V tomto roce společnost Himalaya představuje tři typy skenerů. Jde o typ PreciSCAN H300, PreciSCAN H330, PreciSCAN H771. Všechny skenery jsou bezpečné, splňují vysoké standardy a dodávají se s certifikáty CE, ISO. Využívají laser typu II, který je plně bezpečný pro oči.3D laserové skenery pracují na principu promítání laserových křížů na skenovaný objekt, na kterém se dopadající paprsky deformují dle křivosti povrchu. Tyto deformace se snímají dvěma velmi rychlými a precizními obrazovými snímači a pomocí triangulační metody se pak automaticky vypočítává 3D model skenovaného objektu. Typová řada PreciSCAN H330 má celkem tři laserové kříže, řada PreciSCAN H771 disponuje sedmi laserovými kříži. Množství laserových křížů je závislé na rychlosti, detailnosti a preciznosti skenování. Ruční 3D laserové skenery Himalaya se vyznačují vysokou mobilitou a rychlostí sběru dat. Systém pracuje s mobilním počítačem, na kterém se zadávají parametry skenování jako je rozlišení a informace o materiálu skenovaného objektu. Většina konkurenčních 3D ručních skenerů má velký problém při snímání černých lesklých a světlých lesklých materiálů. Ruční skener Himalaya má výjimečné výsledky i na těchto površích.

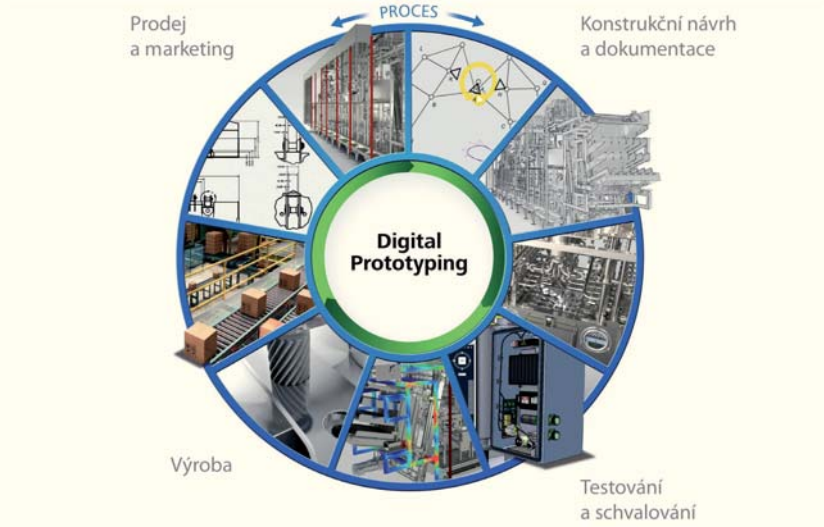
K orientaci v prostoru skenery využívají takzvané markery, které se rozmísťují v oblasti skenovaného dílu, nebo pokud to aplikace dovoluje, nalepují se přímo na díl a to do oblasti, kde chceme provádět snímání povrchu. Metoda snímání reflexních značek k registraci pozice skeneru v době snímání není novinkou a v oblasti průmyslu se jedná o velmi přesnou metodu, která doposud v poměru cena/výkon nebyla jinou metodou nahrazena. Skener může skenovat i bez použití markerů, pro tuto aplikaci je ale nutné dokoupit systém z oblasti laserových trackerů. Jedná se poté již o cenově méně dostupný skenovací a měřící systém. Systém se vždy dodává se čtyřmi tisíci samolepícími markery.

Ing. Radek Valla • PRIMA BILAVČÍK s.r.o., Uherský Brod
www.merici-pristroje.cz

Udělejte **z inovací** svou **konkurenční výhodu**

Navrhujte výjimečné výrobky s využitím kompletního postupu digitálního prototypování

Autodesk Product Design Suite je komplexním řešením pro digitální prototypování, které vám pomůže inovovat, vyrábět a rychleji uvádět skvělé výrobky na trh.



Autodesk® Product Design Suite 2016 je komplexním řešením pro digitální prototypování. Přináší nástroje pro 3D navrhování, vizualizace a simulace potřebné k dokončení celého procesu navrhování výrobků. Možnosti digitálního prototypování sady Product Design Suite vám pomohou navrhovat lepší výrobky, snižovat náklady na vývoj a rychleji uvádět výrobky na trh.

Podpořte inovace

Rozvíjejte inovativní návrhy se sadou integrovaných nástrojů, které pomáhají plynule přenášet informace a splňovat nároky každé z konstrukčních fází – od navrhování až po simulaci a vizualizaci. Vneste do svých výrobků estetiku průmyslového designu a s pomocí široké řady modelovacích nástrojů zlepšete jejich konkurenceschopnost na trhu.

Navrhujte bez omezení

S rozsáhlou sadou snadno ovladatelných, vzájemně spolupracujících nástrojů pro navrhování mohou konstrukční týmy kreativněji pracovat a efektivněji řídit své procesy. Jak se nápady posunují od konceptu až po konstrukci, je potřeba přepracovávání konceptů omezena na minimum, protože konstruktéři mohou vycházet už z koncepčních návrhů. A používají-li

všichni společný soubor nástrojů, zlepšuje se spolupráce napříč všemi fázemi vývoje.

Zvyšujte kvalitu a snižujte náklady

Optimalizujte a ověřujte chování výrobku ještě před zahájením jeho výroby. S pomocí cloudových služeb Autodesk® 360 a integrovaných simulačních nástrojů pomáhá Product Design Suite omezovat riziko chyb, ověřovat navrhování a vybírat cenově dostupné materiály s nízkým dopadem na životní prostředí. Úzká integrace s 3D konstrukčním softwarem umožňuje využívat simulace v průběhu celého navrhování a při dostupných nákladech.

Spolupracujte při správě dat

Předcházejte duplikaci práce a spravujte veškerá návrhová data díky integrovanému systému správy dat. Autodesk poskytuje centralizovaný software pro správu dat, který umožňuje pracovním skupinám bezpečně uchovávat a řídit rozpracovaná návrhová data i související dokumentaci. Výsledkem jsou plynulejší změnová řízení, vznik přesných kusovníků a sdílení digitálních modelů s vaším týmem, zákazníky i dodavateli.

Inovujte návrhy, spolupracujte napříč týmy a vytvářejte přesvědčivé prezentace

Komunikujte konstrukční nápady

Využijte Autodesk Product Design Suite k jednoduššímu generování a sdílení výrobní dokumentace z ověřených digitálních prototypů, což vám pomůže omezit chyby a rychleji odevzdávat návrhy. Přeměňujte návrhová data ve fotorealistické snímky a animace ve filmové kvalitě, čímž získáte náskok před konkurencí i vizuálně atraktivní návrhové koncepty pro představení zákazníkům. Obohaťte postup revidování a spolupráce na technických návrzích o integraci dat od řetězce dodavatelů do kompletních, rozsáhlých digitálních maket.

Propojte navrhování elektrických a mechanických prvků a sestav

Product Design Suite pomáhá tradičním výrobcům plně využívat výhod mechatroniky. Umožňuje jim rychle tvořit a snadno udržovat jediný digitální model. Tento model propojuje týmy strojních inženýrů a elektroinženýrů sloučením návrhových dat ze všech fází vývoje pro použití napříč různými obory. Protože digitální model simuluje hotový výrobek, mohou konstruktéři lépe vizualizovat, optimalizovat a spravovat návrhy ještě před vytvořením fyzického prototypu.

Sada aplikací Autodesk Product Design Suite, dostupná v edicích Premium a Ultimate, obsahuje některé či všechny tyto produkty (přehled konkrétních aplikací v jednotlivých edicích):

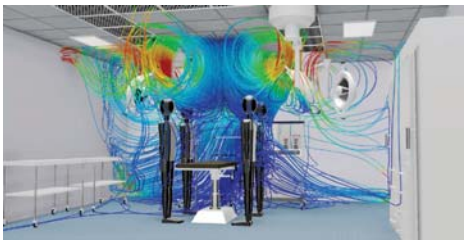
Autodesk Inventor
Autodesk Inventor Professional
AutoCAD Mechanical
AutoCAD Electrical
AutoCAD Raster Design
Autodesk Navisworks
ReCap
Autodesk Alias Design
Autodesk 3ds Max
Autodesk Showcase
Autodesk Vault Basic

Předvídejte, ověřujte, a optimalizujte své návrhy s produkty Autodesk Simulation

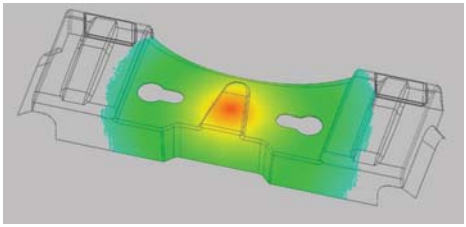
Prověřte své nápady ještě před výrobou s produktovou řadou **Autodesk Simulation** a digitálním prototypováním od Autodesku

Odevzdávejte lepší návrhy rychleji – se simulacemi a digitálním prototypováním od Autodesku

Předvídejte vlastnosti a chování výrobků díky optimalizaci a ověřování vašich návrhů s produktovou řadou Autodesk® Simulation a řešením digitálního prototypování od Autodesku. Inteligentní přístup k vývoji výrobků, vycházející z modelu, vám pomůže komunikovat, prozkoumávat, vylepšovat a uskutečňovat nové nápady přesvědčivým a snadno pochopitelným způsobem. S produkty Autodesk Simulation můžete využít nástroje pro mechanické, konstrukční i teplotní simulace, simulace proudění kapalin, kompozitních materiálů a vstřikování plastů při vývoji svého výrobku. Pomáhají snižovat náklady a urychlovat uvedení na trhu. Autodesk nabízí řadu flexibilních řešení, která vám umožní pracovat lokálně nebo v cloudovém prostředí a zvyšovat tak vaši produktivitu.



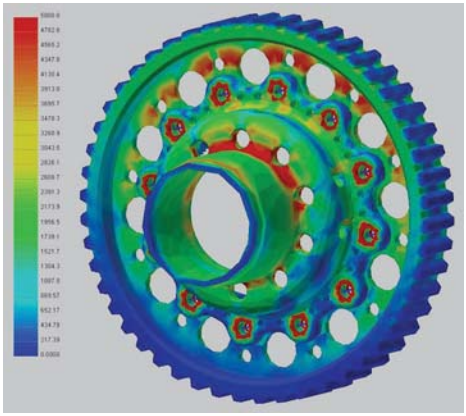
Autodesk® CFD



Autodesk® Moldflow® Design

Mechanika
Autodesk Simulation Mechanical

Autodesk® Simulation Mechanical využívá výpočetní technologii Autodesk® Nastran® a přesně předpovídá vlastnosti výrobku, optimalizuje návrhy a ověřuje chování výrobku ještě před výrobou. Simulation Mechanical přináší analýzy konečných prvků (FEA) všem konstruktérům, inženýrům a analytikům a pomáhá jim vytvářet skvělé výrobky. Podpora prostředí s více CAD systémy, komplexní nástroje pro modelování konečných prvků či obsažené knihovny materiálů pomáhají výrobcům studovat výrobky dříve, častěji a podrobněji. Snadno vyměňujte data s většinou CAD řešení, se simulačními nástroji pro vstřikovací formy Autodesk® Moldflow® či s produktem Autodesk® Vault pro správu dat.



Autodesk® Nastran® In-CAD

Autodesk Nastran In-CAD

Autodesk® Nastran® In-CAD pro všeobecné využití metody konečných prvků, zasazený do CAD řešení a poháněný výpočetní technologií Autodesk Nastran, nabízí širokou škálu simulačních funkcí, které pokrývají různé typy analýz. Je součástí digitálního prototypování od Autodesku. Přináší špičkové simulace v rámci pracovního postupu přímo v CAD řešení. Inženýrům a analytikům pomáhá s tvorbou skvělých produktů.

Autodesk Nastran

V oboru uznávaná výpočetní technologie Autodesk Nastran analyzuje lineární i nelineární zatížení, dynamiku a charakteristiky přenosu tepla konstrukcí i mechanickými součástmi. Přináší výsledky v reálném čase a změny parametrů v průběhu řešení. Tato špičková technologie pomáhá inženýrům a analytikům získávat přesné výsledky složitých simulací a je součástí řešení digitálního prototypování od Autodesku.

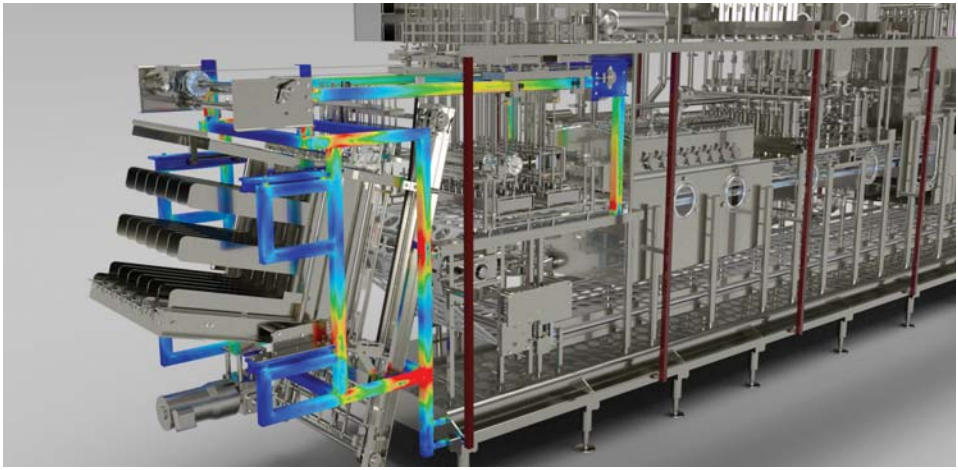
Moldflow

Autodesk Moldflow

Autodesk Moldflow poskytuje nástroje pro simulaci vstřikování plastů, které pomáhají CAE analytikům, inženýrům a konstruktérům ověřovat a optimalizovat plastové díly, vstřikovací formy a postup vstřikování. Díky přístupu k více než 9500 druhům komerčních plastů a přesným údajům o materiálech mohou výrobci efektivně posoudit různé varianty materiálu. Moldflow podporuje přímou výměnu dat s většinou CAD řešení i produktem Autodesk Simulation Mechanical pro zpřesnění konstrukčních simulací. Firmy po celém světě využívají Moldflow při tvorbě skvělých produktů. Omezením potřeby nákladných fyzických prototypů mohou předcházet případným výrobním vadám a rychleji uvádět inovativní produkty na trh.

Autodesk Moldflow Design

Přímo ve vašem stávajícím 3D CAD prostředí pracuje Autodesk® Moldflow® Design. Pomocí snadno pochopitelných ukazatelů poskytuje zpětnou vazbu k vyrobitelnosti vašeho návrhu, nákladům i dopadům na životní prostředí takřka v reálném čase. Moldflow Design vám přináší informace o vyrobitelnosti již v rané fázi navrhování, během tvorby nové CAD geometrie. Vaši 3D CAD geometrii také prochází a poskytuje zpětnou vazbu ke jmenovité tloušťce stěn, k zešikmení, nákladům na materiál, recyklovatelnosti, dutinám a podobně.



Autodesk® Simulation Mechanical. Snímek poskytla společnost Osgood Industries, Inc.

Kompozity
Autodesk Helius PFA

Přídavný modul pro komerční programy využívající metody konečných prvků Autodesk® Helius PFA je navržen ke zvyšování přesnosti, efektivity a konvergence u simulací kompozitních materiálů. Simulace selhání kompozitních struktur umožňuje ověřovat návrhy v dřívějších fázích – před experimentálním testováním – a pomáhá zkracovat dobu testování, snižovat náklady a vytvářet skvělé výrobky.

Autodesk Helius Composite

Díky nástrojům pro simulace kompozitů, které jsou dostupné prostřednictvím snadno použitelného grafického rozhraní, vám Autodesk® Helius Composite pomůže lépe předvídat chování kompozitního materiálu, laminátu i jednoduchých struktur. Helius Composite je ideálním nástrojem pro inženýry a konstruktéry, jimž usnadňuje porozumět vlastnostem moderních kompozitních materiálů.

Výpočty dynamiky proudění kapalin
Autodesk CFD

Flexibilní nástroje pro simulace proudění kapalin a přenosu tepla přináší Autodesk® CFD. Pomáhají rozhodovat se dříve během vývoje výrobku. Snadno prozkoumejte a porovnejte varianty návrhu a lépe pochopte důsledky konstrukčních možností díky využití inovativního prostředí pro studium návrhu a nástrojům pro automatizaci.
Autodesk CFD podporuje přímou výměnu dat s většinou CAD řešení a produkty Autodesk® Inventor®, Autodesk® Revit®, Creo®, Pro/ENGINEER® a SolidWorks®.

Autodesk Flow Design

Proudění vzduchu v aerodynamickém tunelu a okolo budov, vozidel, venkovního vybavení, spotřebního zboží nebo jakékoli jiné virtuální konstrukce simuluje Autodesk® Flow Design. Rychlá zpětná vazba a intuitivní ovládání umožňují uživatelům získat důkladný přehled nad návrhem již v rané fázi vývoje.

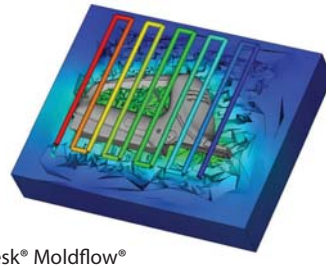
Konstrukce a statika
Autodesk Robot Structural Analysis Professional

Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional přináší stavebním inženýrům a statikům pokročilé simulace budov i možnosti analýzy konstrukčních prvků u velkých a složitých konstrukcí z Autodesk® Moldflow®. Snadný pracovní postup umožňuje inženýrům rychleji provádět simulace a analýzy nejrůznějších konstrukcí.

Vytvářejte skvělé výrobky se simulacemi a digitálním prototypováním od Autodesku

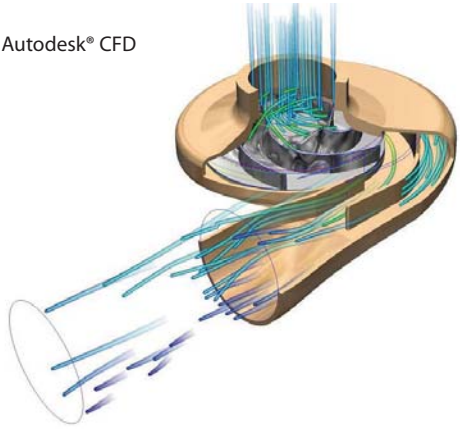
Podívejte se na simulation.autodesk.com, jak můžete využít řady produktů Autodesk Simulation.

Pro více informací, jak může řešení digitálního prototypování od Autodesku změnit postup vývoje vašich výrobků, navštivte autodesk.com/digital-prototyping.



Autodesk® Moldflow®

Autodesk® CFD



Čistící granuláty ASACLEAN
pro vstřikování i extruzi = snížení nákladů, zvýšení produktivity a kvality

V důsledku stále se zvyšujících požadavků na kvalitu plastových výlisků a vytlačovaných dílů roste uplatnění přípravků určených pro čištění vytlačovacích linek a vstřikovacích strojů. Toto čištění je nutné k odstranění degradovaných plastů, vrstev barevných pigmentů ze stěn válce a šneku, horkých vtoků, popřípadě formy a to především z ekonomických aspektů. Vhodné kvalitní čistící materiály slouží k rychlému odstranění reziduí plastů při změně materiálu a k snadnějšímu přejezdu z jednoho odstínu na další. Výsledkem je úspora času určeného k výrobě, snížení zmetkovitosti a úspora materiálu určeného ke zpracování.

Čistící materiály jsou jak kapalné, tak pevné ve formě prášku nebo granulátu. Hlavní pozici na trhu představují čistící granuláty pro jednoduchost jejich použití a velkou podobnost se zpracovávaným plastem.V současnosti je nabídka čistících granulátů již široká, ale dominantní postavení na trhu zaujímají čistící granulát ASACLEANvyráběné japonskou společnosti ASAHI KASEI. Tyto materiály jsou vhodné pro všechny procesy zpracování polymerů. Pomocí uvedených čistících granulátů lze čistit jak komoru a šneku, takhlavy i horké vtoky a samotné formy.

ASACLEAN je čistící granulát, kde do vhodného plastového nosiče jsou zapracována aditiva typu tenzidů - detergentů, účinných antioxidantů a tepelných stabilizátorů. Čistícího efektu je dosaženo trojím účinkem. Jednak z důvodů rozdílného reologického chování zpracovávaného plastu dochází k mechanickému čištění. Dále působením chemických reaktivních látek obsažených v čistícím granulátu dochází k narušení úsad na kovových částech zařízení. Vysoká úroveň tepelné stabilizace čistícího granulátu zabrání degradaci polymerních zbytků. ASACLEAN neobsahuje žádná abrazivní aditiva a v doporučeném teplotním intervalu (podle konkrétního typu od 180 °C do 360°c) nezpůsobí poškození kovového povrchunebo ucpání horkých vtoků. ASACLEANje jeden z mála čistících granulátů vhodný pro odstávky strojů, tzv. „SEALING", což je jedna z nejúčinnějších forem čištění válce a šneku.

Situace řešitelné pomocí čistícího granulátu

- **Nekontrolovatelný výskyt nečistot a barevných šmouh**
- **Zvýšená zmetkovitost po přerušení výroby a odstávkách**
- **Výskyt černých teček v čirém nebo transparentním materiálu**
- **Časově náročný přechod na jiný materiál nebo barevný odstín**
- **Problémy při mechanickém čištění s vytahováním šneku**
- **Deformace horkých kanálů, neprůchodnost kavit**

Posouzení plastových materiálů z pohledu složitosti čištění Pro zvolení vhodného způsobu čištění je nutné vzít v úvahu tyto hlavní faktory:

- **Způsob provozování výrobního zařízení – zejména velikost vstřikované dávky**
- **Typ použitého polymeru**
- **Aditivace použitého polymeru (barva; plniva, retardéry, modifikátory, procesní aditiva,…)**

Pokud se komora vstřikovací stroje naplní jen zčásti, granule plastu se mohou dostat do nepoužívané části stroje a po degradaci vlivem teplotního namáhání způsobit kontaminaci používaného plastu. Aditivace polymerů často ovlivňuje jejich teplotní stabilitu a fyzikální a mechanické vlastnosti.Zejména směsné materiály (blendy) s obsahem kompatibilizátorů jsou citlivé na podmínky zpracování – často dochází k napalování na stěny zařízení a následné degradaci.

Z pohledu charakteru zpracovávaného plastu je možné rozdělit polymery následujícím způsobem na „měkké" komoditní plastytypu PP, PE, PVC, TPE,. . .a měkké plasty speciální a citlivé či reaktivní typu TPO, POM, TPU. Styrenové netransparentní plasty (ABS, HIPS) a technické netransparentní plasty (PA, PC, PC/ABS, PBT, PPO. . .) tvoří další skupiny. Speciální oblastí jsou materiálové blendy typu např. PC/PET; ASA/PA6; PBT/PE.Mezi náročné plasty patří zejména transparentní polymery např. PC, PMMA, TABS, PET, PETG, SAN, COC a další. Samostatnou oblast představují vysokoteplotní inženýrské plasty. (LCP, PEEK, PElatd.). Každá uvedená skupina plastů vykazuje charakteristické rysy vyžadující použití specifických postupů čištění.

Postup při výskytu problémů s kvalitou výrobků

Při výskytu tmavých částic nebo viditelné kontaminace tmavším materiálem je vhodné použít čistící granulát. Při každé odstávce stroje se do komory nasype čistící granulát a sníží teplota, pokud to provozní podmínky dovolí, nejlepší je stroj vypnout a nechat vychladnout. Po zchladnutí znova ohřát na procesní teplotu a vystříkat čistící materiál před formou.

Při výskytu barevných skvrn se často jedná o pigment, který při zpracování vytváří tenkou vrstvu na povrchu zařízení a v nepravidelných intervalech dochází k uvolnění těchto nánosů do materiálu. Řešením je postup SEALING; pokud ho nelze z provozních důvodů aplikovat používá se čistící materiál se zvýšenou účinností – s obsahem krátkých skelných vláken – např. ASACLEAN CG nebo NEW EX.

Černé tečky často pocházejí z plniv či retardérů,které díky elektrostatické interakci mívají tendenci k usazování na kovových částech výrobního zařízení. V případě výskytu černých teček aplikujeme čistící granulát vždy, kdy je stroj odstaven déle než 15 minut. Nejvhodnější je stroj odstavit s čistícím materiálem uvnitř stoje.

Čištění vstřikovacích strojů

Při ukončení výroby se do násypky vstřikovacího stroje nasype ASACLEAN a stroj se ponechá v provozu, dokud nevychází z trysky zřetelně světlý ASACLEAN. Pokud je to možné, tryska se uzavře (např. najetím k formě). Ve válci se nastaví maximální bezpečný zpětný tlak, aby se čistící materiál dostal i do „mrtvých" zón. Minimální doba působení pro vyčištění je 3-5 minut, při prodloužení této doby lze dosáhnout ještě lepšího výsledku. Doba pobytu čistícího granulátu při teplotách nad 300 °C nesmí přesáhnout 30 minut. Pokud se při přejezdů mění teplota zpracovávaného materiálu, vždy se ponechá při zvyšování (snižování) teploty ASACLEAN uvnitř stoje. Termooxidační aditiva obsažená v čistícím granulátu zabrání vzniku degradovaného polymeru. Po dosažení pracovní teploty pro následující polymer nebo po ukončení doby čištění se uvolní tryska a materiál se za pomocí šneku vypustí ze zařízení. Při vypouštění je výhodné použít co nejvyšší rychlost. Pokud by byly viditelné stopy nečistot ve vypuštěném použitém čistícím granulátu, lze čistící cyklus opakovat. Pokud ASACLEAN po čištění neobsahuje nečistoty, nasype se do dávkovače následující polymer a jeho pomocí se vytlačí zbytky čistícího granulátu ze stroje.

Nejčastěji používanými typy pro vstřikovací stroje jsou ASACLEAN GL2, určený pro teploty 180°C - 360°C, vhodný pro běžné polymery typu PA, ABS, PC/ABS, PBT, PS a další. Pro čištění transparentních materiálů typu se nejčastěji používá ASACLEAN NewE. Pro čištění při zpracování PMMA byl speciálně vyvinut materiál ASACLEAN NewM.
Pro vysokoteplotní plasty typu PC se používá ASACLEAN PT, který čistí při teplotách 200°C - 360°C; popřípadě typ SX vhodný pro použití v intervalu 300°C - 370°C.

Čištění extruzních linek

ASACLEAN je vhodný pro čištění všech typů extruzních technologií – vyfukování, extruze desek, trubek, profilů, i pro vstřiko-vyfukování. Při ukončování extruzní výroby se začne dávkovat ASACLEAN. Před zahájením dávkování je potřeba ověřit, že teplota zpracování odpovídá teplotnímu rozsahu čistícího granulátu. Pro správný výsledek čištění je potřeba aby tavný index zpracovávaného polymeru a čistícího granulátu měl srovnatelnou hodnotu. Pokud se hodnoty od sebe výrazně liší, je vhodné smíchat v poměru 1:1. Při čištění extruzní linky se používá nízkých otáček šneku, dokud není stroj naplněn. V případě čištění koextruzní linky se použije cca 20% předpokládané hmotnosti čistícího granulátu do příslušné násypky. Odstranění sít je nutné pouze v případě, jsou-li hustší než 80 mesh

Tab. 1. Typické množstvíASACLEANU na čištění v závislosti na průměru šneku - vstřikování

Průměr šneku	32 mm	36 mm	50 mm	60 mm	95 mm	115 mm	160 mm
Typické množství	Cca 0,5 kg	Cca 0,6 kg	Cca 0,9 kg	Cca 1,2 kg	Cca 3,2 kg	Cca 8,0 kg	Cca 17 kg

Tab. 2. Typické množství ASACLEANUna čištění v závislosti na průměru šneku - extruze

Průměr šneku	Jednošnekový extruder	Dvoušnekový extruder
40 mm	2 kg	3 kg
90 mm	8 kg	12 kg
120 mm	16 kg	24 kg

u jednošnekových nebo 200 mesh u dvoušnekových extruderů. Čím déle se ASACLEAN nechá působit ve válci, tím lépe se může projevit čistící efekt. Doporučuje se ponechat ASACLEAN po celé délce šneku po dobu 10-15 minut. Poté se upraví teplota linky pro následující výrobu. Při teplotách nad 300°C však tato doba nesmí překročit 30 minut. ASACLEAN se vytlačí při střídavých otáčkách šneku. Aby se ASACLEAN co nejvíce odstranil, mělo by být čištění zakončeno rychlejšími otáčkami. Nejsou-li při vizuální kontrole taveniny na ASACLEANUpatrné žádné zbytkydegradovaného polymeru, čištění je ukončeno. Pokud je následující polymer zpracováván při jiné teplotě, tak teplotní nastavení vždy upravujeme při naplněném stroji ASACLEANEM. Při vytlačování ASACLEANU plynule přecházíme na zpracování následujícího polymeru.

Metoda SEALING

Technologické postup, při kterém je ponechán vhodný čistící materiál po delší dobu – např. po dobu odstávky přes noc nebo víkend. Při SEALINGU je ponechán čištěný stroj bez ohřevu, až dojde ke ztuhnutí čističe uvnitř stroje. Objemová kontrakce materiálu v závislosti na teplotě společně s důkladným působením chemických složek umožní vyčištění i těch míst výrobního zařízení, kde dochází k pomalejšímu toku taveniny materiálu. Výhodou tohoto způsobu čištění je i prevence degradace zbytků plastu v zařízení.

Čištění horkých vtoků

Na základě zkušeností a spolupráces firmami INCOE a ARBURG byl vyvinut nový, velmi účinný postup čištění horkých vtoků, který je obdobou metody „SEALING". K čištění horkých vtoků doporučujeme následující typy ASACLEAN:

ASACLEAN UB - interval použití 170–320°C, Vhodný pro všechny „měkké" plasty.
ASACLEAN New E - interval použití 170–280°C Vhodný pro transparentní plasty. Zkracuje dobu mléčného zabarvení výlisků.
ASACLEAN GL2 - pro technické plasty v rozmezí 180–360°C.
ASACLEAN PT - interval použití 200°C–360°C – určený pro PC.
ASACLEAN New M - interval použití 180–320°C – určený pro PMMA.
ASACLEAN SX - interval použití 300–390°C. Speciálně vyvinutý pro čištění horkých vtoků při vysokých teplotách. Pro plasty zpracovávané nad 350°C.
ASACLEAN UB, PT a **New M** se mohou lisovat v režimu výroby do formy přes horké vtoky; ASACLEAN GL2, New E a SX se používají k prostříknutí horkých vtoků do otevřené formy v teplotním režimu výroby.

Souhrn

Ekonomický efekt aplikace čistících granulátů znamená výrazný příspěvek pro snížení nákladů na zpracování nejen utransparentních a citlivých materiálů, stejně tak v případě častých změn barev či materiálů představuje zásadní příspěvek pro dosažení maximální kvality a produktivity zpracování plastů ve všech oblastech zpracování polymerů.

Zpracování s využitím firemních materiálů společnosti ASAHI KASEI, Japonsko
Černáč Miroslav Ing.; VELOX CMS sro, Bělohorská 39, Praha 6

Jak správně číst moldflow (MF) analýzy, správná interpretace výsledků a předcházení výrobním problémům

Pojem moldflow analýza (MF) je v plastikářském prostředí běžně používaným výrazem. Pod tímto pojmem si lze představit výsledky ze simulačních programů určených pro technologii vstřikování. Samotné hovorové označení vzniklo na základě hojného využívání výsledků z programu Moldflow, který je dnes součástí společnosti Autodesk.

Simulační programy pro vstřikování se využívají u plastových výrobků od prvního návrhu výrobku, při konstrukci dílu, při návrhu formy až po řešení výrobních problémů. Pro provedení analýzy je možno zvolit externího dodavatele nebo - v lepším případě - využít vlastního zakoupeného programu. Přehled výhod a nevýhod zvoleného řešení je uveden v tab. 1.

Tab. 1 Výhody a nevýhody způsobu vytvoření simulace

Průměr šneku	Externí spolupráce	Vlastní software
Čas	-	+
množství výpočtových variant	-	+
Prvotní investice	+	-
Porozumění zadání	-	+
Zpětná vazba	-	+
Modifikace modelu	-	+
Správná zadání technologických parametrů	-	+

Bez ohledu na to,od jakého dodavatelejsoudata z moldflow analýzy získána, je třeba výsledky správně interpretovat a nalézt skutečné příčiny možných problémů.

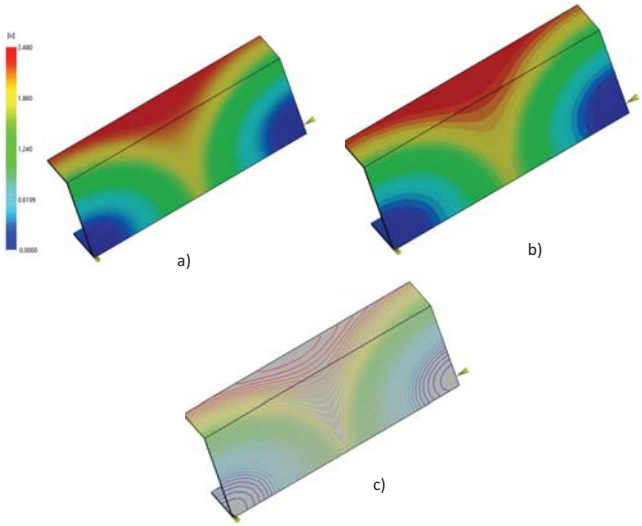
První výsledek, který bývá z analýzy plnění zobrazován, je průběh tečení taveniny dutinou formy v čase (obr. 1.). Výsledek je v prezentacích velmi efektní ve spojení se spuštěním tečení ve formě animace. Výsledky je možno zobrazit mnoha způsoby, z nichž každý má své přednosti.

Zobrazení výsledku s využitím vyhlazení - prolnutí barev(obr. 1. a) je graficky efektní, ale má malý přínos pro čtení výsledků. Není vidět přesný čas okamžiku zaplnění oblastí ve formě ani není možno rozpoznat tvar čela taveniny.

Použití zobrazení ohraničených barev (obr. 1. b) u výsledku plnění jasně ukazuječelo taveniny vdaném čase a ilustruje způsob tečení.

Zobrazení výsledku pomocí kontur (obr. 1. c) je z hlediska posouzení kvality tečení nejpřínosnější. Na první pohled jsou vidět místa s různou hustotou izochronních křivek (ploch) a tak jsou odhalena místa s různou rychlostí tečení taveniny, která způsobují vznik různých stupňů orientace molekul uvnitř dílu. Je dobře vidět nerovnoměrnost tečení, poslední místo zatečení a způsob spojení čel taveniny ve studeném spoji.

Výsledek teploty čela taveniny (obr. 2) slouží i pro posouzení kvality plnění celého dílu. Výsledek udává, s jakou teplotou vstoupilo čelo taveniny do daného místa dutiny formy. Při správném plnění by výsledný rozdíl teplot přes celý díl, neměl být větší než 5°C na délku tečení 200 mm.

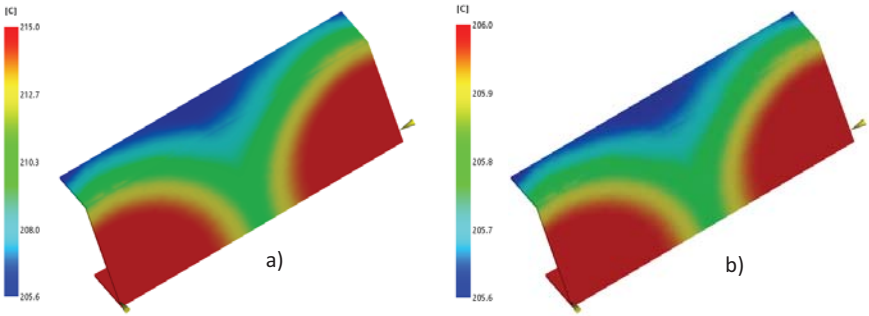


Obr. 1. Možnosti zobrazení výsledku tečení plastu dutinou formy: a) prolnuté barvy, b) ohraničené barvy, c) kontury

Na obrázku 2. jsou na první pohled stejné výsledky, rozdíl je možno nalézt až po podrobnějším prozkoumání. Grafické zobrazení výsledků je vždy od červené po modrou barvu, a velmi láká pouze k rychlému posouzení dle obrázku. Jak ukazují výsledky na obr. 2 a) a b), je vždy nutno kontrolovat i stupnici s číselnými hodnotami. Rozdíl v hodnotách obou uvedených výsledků je 10°C.

Velmi podobný výsledek je zobrazení teploty v daném čase (obr. 3.).Na rozdíl od teploty čela taveniny, kde je teplota spojena pouze s daným místem formy, je výsledek teploty vztažen k danému místu formy v daném čase. Pro správnou interpretaci výsledků je třeba vždy kontrolovat čas, ve kterém je výsledek zobrazen.

Oba teplotní výsledky je nutno přezkoumat na dosažení maximální hodnoty teploty roztaveného plastu a porovnat s maximální dovolenou hodnotou pro daný materiál. V případě překročení materiálové meze hrozí teplotní degradace plastu.

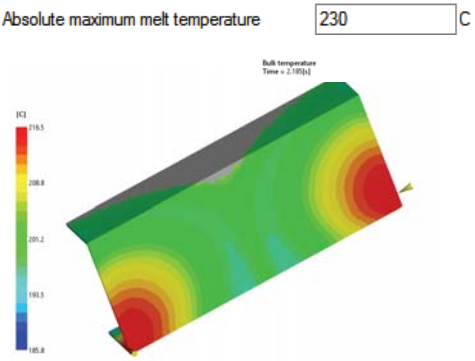


Obr. 2. Teplota čela taveniny pro různé podmínky plnění

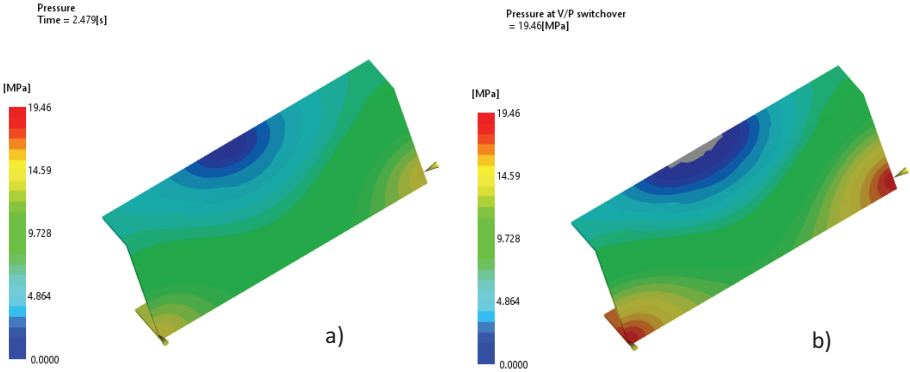
Tlak (obr. 4.) během procesu vstřikování hraje velmi významnou úlohu. Během vstřikování tlak v dutině formy nesmí překročit přípustnou mez danou materiálem a uzavírací silou.

Velké hodnoty tlaku v dutině formy přinášejí vznik vad (přetoky), zkracují životnost formy a zvyšují energetickou náročnost výroby (vyšší uzavírací síla).

Největší hodnota vstřikovacího tlaku u jednovtokového dílu většinou nastává v okamžiku přepnutí na dotlak (obr 5. a). Po zaplnění dutiny formy docházík vyrovnání tlaku v roztaveném plastu. Ve fázi dotlaku však menší tlak působí na větší ploše a tím může způsobit nárůst uzavírací síly. Proto pro získání správné uzavírací síly je nutné počítat i fázi dotlaku, nestačí provéstpouze analýzu plnění.

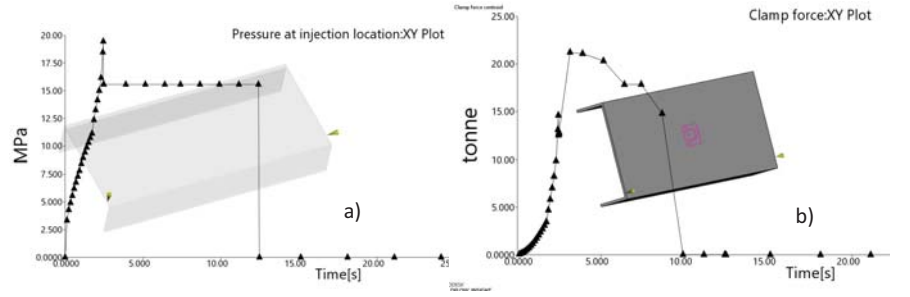


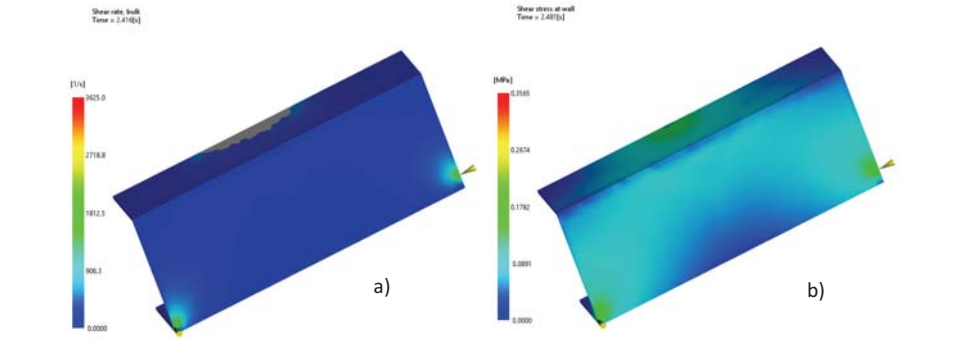
Obr. 3. Teplota v daném čase



Obr. 4. Tlak: a) tlak ve zvoleném čase, b) tlak při přepnutí na dotlak

Uzavírací síla je počítána automaticky ze zjištěných tlaků a příslušného průmětu do zvoleného směru uzavírání. Při každé analýze je nutno zkontrolovat orientaci dílu vzhledem souřadnému systému programu, aby směr uzavírání odpovídal skutečnému směru uzavírání.



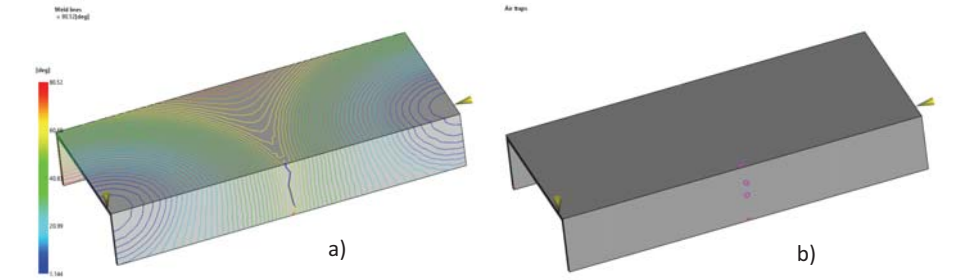


Obr. 6. Smyková rychlost, smykové napětí

Obrázky uvedené na obr. 6. ve výsledných zprávách ze simulačních výstupů nejsou skoro nikdy uváděny. Přitom smyková rychlost a smykové napětí rozhodují o kvalitě dílů a možnosti vzniku degradace materiálu.Limitní hodnoty smykového napětí a smykové rychlosti jsou pro každý materiál jiné, maxima pro materiál v této simulaci jsou na obr. 7.

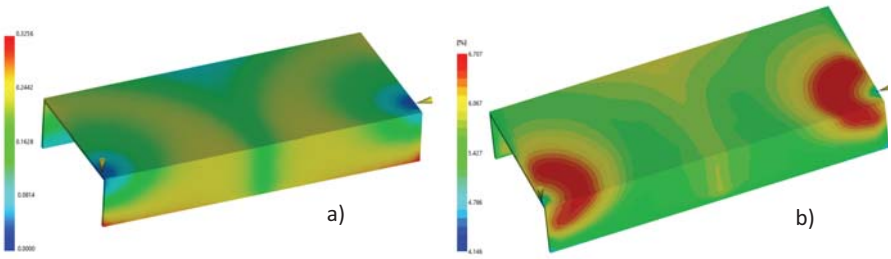
Obr. 7. Maximální hodnoty smykového napětí a smykové rychlosti pro daný materiál

Kvalita studeného spoje (obr. 8 a) je závislá na teplotě čel taveniny a na úhlu v jakém se v místě setkání spojí. Podle experimentálních výsledků platí: Při setkáníčel taveniny pod úhlem větším než 135° není studený spoj na výrobku k nalezení.A naopak, setkání čel taveniny pod úhlem 0° je zcela nevhodný.Pro posouzení kvality studeného spoje je důležitá i teplota čela taveniny. Výsledek ukazuje, s jakou teplotou plast doteče do jednotlivých míst formy. U kvalitního studeného spoje by hodnota teploty čela taveniny v místě spoje neměla klesnout o více než 5°C oproti teplotě vstupní taveniny.



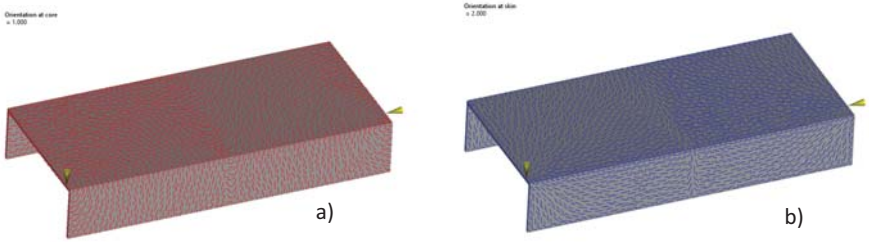
Obr. 8. Tvorba studeného spoje, uzavřený vzduch

Kvalita studeného spoje (obr. 8 a) je závislá na teplotě čel taveniny a na úhlu v jakém se v místě setkání spojí. Podle experimentálních výsledků platí: Při setkáníčel taveniny pod úhlem větším než 135° není studený spoj na výrobku k nalezení.A naopak, setkání čel taveniny pod úhlem 0° je zcela nevhodný.Pro posouzení kvality studeného spoje je důležitá i teplota čela taveniny. Výsledek ukazuje, s jakou teplotou plast doteče do jednotlivých míst formy. U kvalitního studeného spoje by hodnota teploty čela taveniny v místě spoje neměla klesnout o více než 5°C oproti teplotě vstupní taveniny.



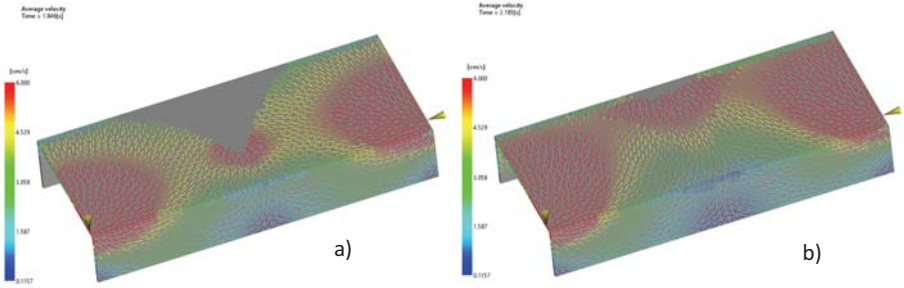
Obr. 9. Zatuhlá vrstva, objemové smrštění

Problémové plnění může být způsobeno malou rychlostí tečení a tím velkou ztuhlou vrstvou plastu (obr. 9. a) na povrchu formy během fáze plnění. V reálné formě není jev zatuhnutí viditelný, jen díky simulaci je možno snadno rozpoznat důvod vzniku neúplného výrobku.



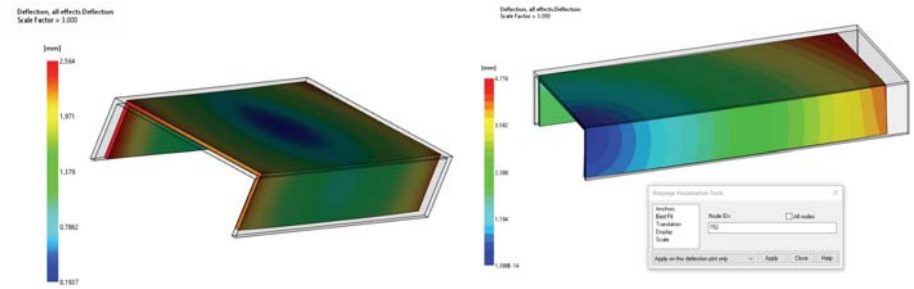
Obr.10. Orientace plniva ve středu stěny, orientace plniva na povrchu dílu

U plastů plněných vlákny je jedna z nejvýznamnějších otázek orientace plniva. Pro vzhledové vlastnosti je důležitá orientace plniva na povrchu dílů, způsobující změny v lesku. Z hlediska minimalizace deformací je vyžadována orientace vláken ve středu dílu kolmo na povrchovou orientaci a tím dojde k rovnoměrnému smrštění a eliminaci deformací.



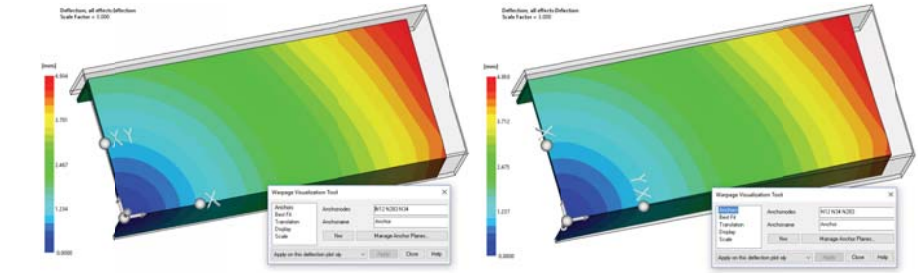
Obr. 11. Rychlost tečení plastu dutinou formy

Směr tečení je důležité znát, aby se nestalo, že se během plnění dutiny v jednotlivých místech změní. Změna tečení přináší do výrobku nestabilitu a pnutí se sklonem k deformacím.
Deformace jsou jedním z nejžádanější výsledků. Pro správnou interpretaci je velmi důležité vhodné zobrazení.
Pokud není definován počátek, od kterého jsou deformace měřeny, je výrobek automaticky umístěn ideálně, aby deformace byly minimální (obr. 12. a). Výsledek s minimálními deformacemi neříká jak se mění rozměry vzhledem ke skupině dílů v sestavě. Pro kvalitní výstup je potřeba provést podrobný rozbor deformovaného stavu.
Nejjednodušení lze využít nastavení pouze nového počátku a automatické aplikace ideální deformace (obr. 10. b).Deformovaný díl je ve výsledcích proložen tak, aby ostatní deformace byly minimální.



Obr. 12. Deformace dílu vztažené k automaticky zvolenému bodu, deformace dílu vztažené ke zvolenému bodu

Pro podrobné zkoumání, je třeba zvolit vlastní souřadný systém a umístit v něm deformovaný výrobek i původní tvar. Jako první bod je volen pevný počátek deformací, v něm jsou deformovaný díl a původní tvar pevně spojeny. Dále se volí bod roviny na pevné ose.
Posledním bodem se volí rovina, ve které je výrobek ideálně uložen. Tímto způsobem se zajistí ukotvení a je možno reálně porovnat deformace. Rozdíly v zobrazených deformací při různém postupu zadání jsou na ob. 13.



Obr. 13. Deformace dílu s definovaným souřadným systémem pro deformovaný díl

Znalost čtení výsledků je důležitá schopnost spočívající v nalezení možných výrobních problémů, ještě před vlastní výrobou. Pro správně provedenou analýzu je třeba nezapomínat na:

- **Kvalitní simulační program (Autodesk moldflow)**
- **Dobře připravený výpočtový model**
- **Důvěryhodná materiálová data, vhodná alternativa**
- **Správné zadání technologických parametrů**
- **Pro zobrazení výsledků použití prohlížeče ne prezentace**
- **Kvalitní poradenství (TD-IS)**

Proto je třeba najít partnera, který Vám MF nejen zpracuje, ale zohlední vše zmíněné v článku výše a pomůže Vám najít cestu k dílům bez vad.

Dynamická a variotermní temperace GWK

Při této temperaci se jedná o aktivní změnu teploty stěny formy během vstřikovacího cyklu. U amorfních plastů se teplota zvýší až k teplotě skelného přechodu a u částečně krystalických platů k teplotě tvorby krystalů. Dochází tak k cyklické změně teploty stěny formy. Vyhřívání se provádí elektricky vodivou keramickou destičkou, o vysokém tepelném výkonu. Teplota se sleduje pomocí termočlánku umístěného blízko stěny formy.

Ve formě, blízko tvorby studeného spoje, je umístěna temperační vložka s topnou keramickou destičkou a vodními kanálky na zchlazení na teplotu stěny formy po vyhřátí. Dále zařízení obsahuje temperační přístroje na zchlazení po vyhřátí a na standartní temperaci formy. K tomu je umístěn řídící modul pro vyhřívání keramickou destičkou a pro chlazení a standartní temperaci.
Topná keramická destička má vysoký povrchový výkon, až 150W/cm^2, krátkou dobu zahřívání, minimální zbytkové teplo a je velmi dobře regulovatelná díky malé tepelné hmotě. Destička má vysokou životnost při vysokých teplotách, je odolná proti zoxidování, má dobrou tepelnou vodivost, dobrou izolační pevnost a elektrickou pevnost, vysokou tvrdost a odolnost proti opotřebení.
Pomocí této temperace lze odstranit studené spoje u amorfních plastů, vytvořit mikrostruktury na povrchu výstřiku a u výstřiků pro světelnou techniku zlepšit jejich optické vlastnosti díky homogennímu plnění kavity plastem.

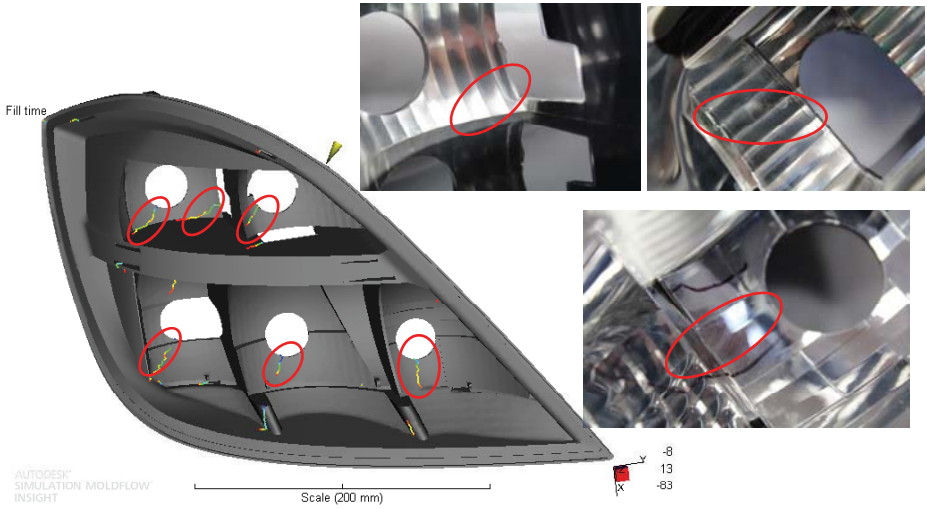
Ve vývoji je u GWK pracováno na vyhřívání pomocí CO_2. Výhodou je jeho nízká viskozita, důležité pro jemné vyhřívací a chladicí kanály. Je podstatně lepší než v případě použít vody anebo oleje jako tepelného nosného média. Fyzikální podmínky jeho použití jsou stále stejné. Jeho použití nepřináší takové nebezpečí pro vyhřívání a chlazení jako olej. Nezpůsobuje korozi kanálů a úsady v nich.
Jiný podobný princip teco Vario nepoužívá k vyhřívání keramickou topnou destičku, ale vodu. teco Vario se skládá ze dvou temperačních přístrojů, jeden pracuje do 200°C a druhý do 90°C. Oba používají jako teplonosné médium vodu. Mezi nimi je pístový akumulátor o malém objemu vody a systém ventilů. Pomocí nich je přesně dávkováno množství vody na vyhřívání a vody na zchlazení. Primární okruhy drží teplotní úroveň a nemusí být tak střídavě vyhřívány a chlazeny. Tento systém má vysokou tepelnou a energetickou účinnost. Systém je plně automatický. Pomocí dvou pístových zásobníků je možno střídavě vyhřívat obě poloviny formy na rozdílné teploty

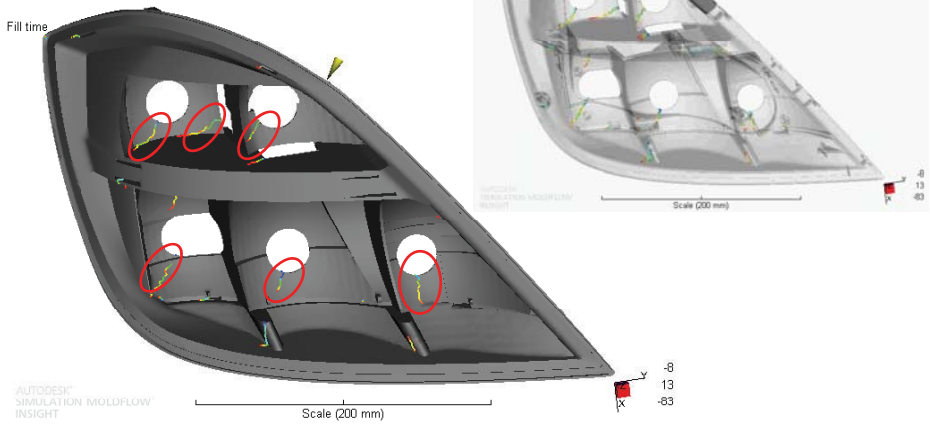
Ing. Jiří Rejhon, CSc.
gwk GesellschaftWärmeKältetechnikmbH,
Scherl 10, 58540 Meinerzhagen, Německo

Pohledové vady

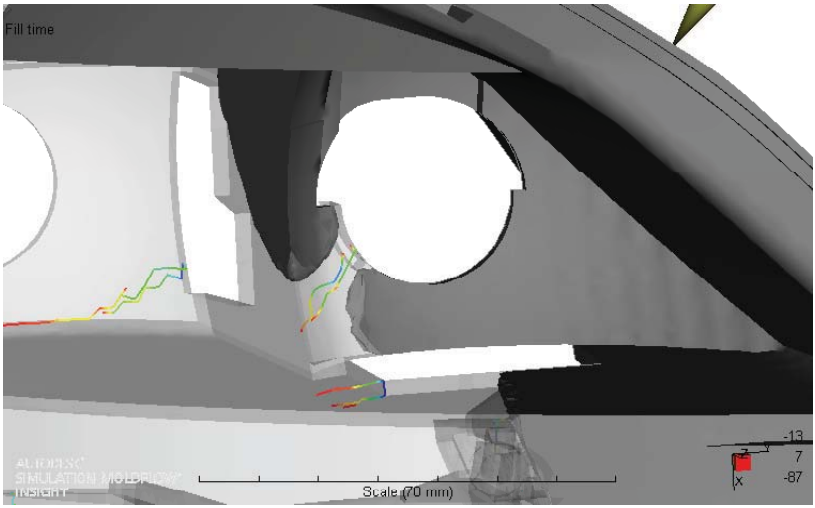
Studené spoje

Identifikace studených spojů ve starších verzích je realizovaná pomocí čar, které znázorňují spojení dvou čel taveniny.





Při snížení kroku animace plnění můžeme identifikovat, kde a kdy dojde k vytvoření studeného spoje na výstřiku.

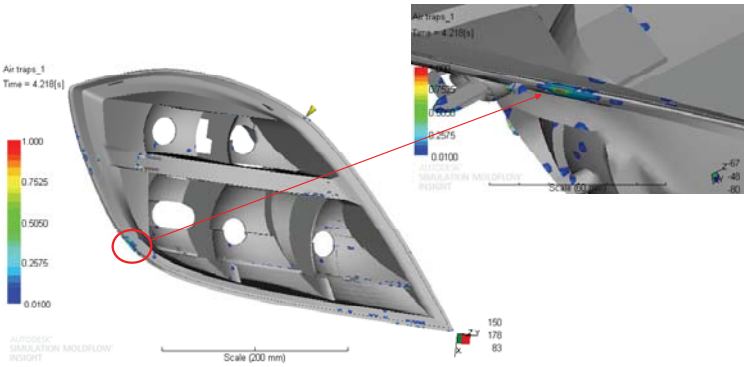


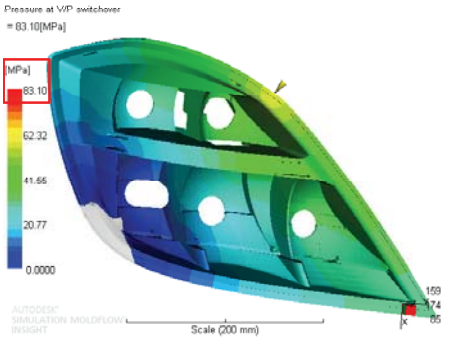
Studené spoje MF 2016

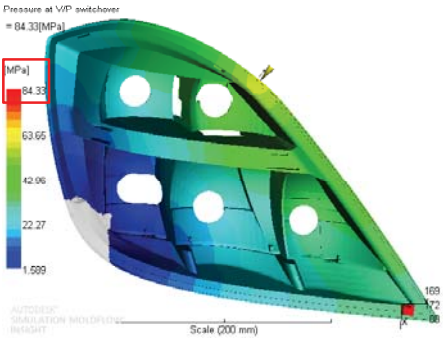
Ve verzi 2016 jsou dostupné nové výsledky, které popisují studené spoje:
- **3D studený spoj**
- **Pohyb studeného spoje dále do výstřiku.**

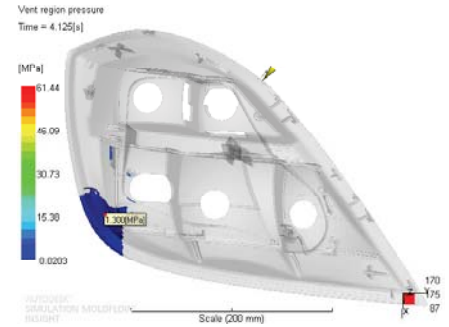
Uzavřený vzduch

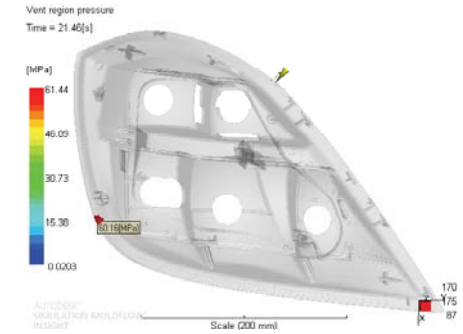
Vliv uzavíraného vzduchu na vstřikovací cyklus – zvyšování vstřikovacího tlaku









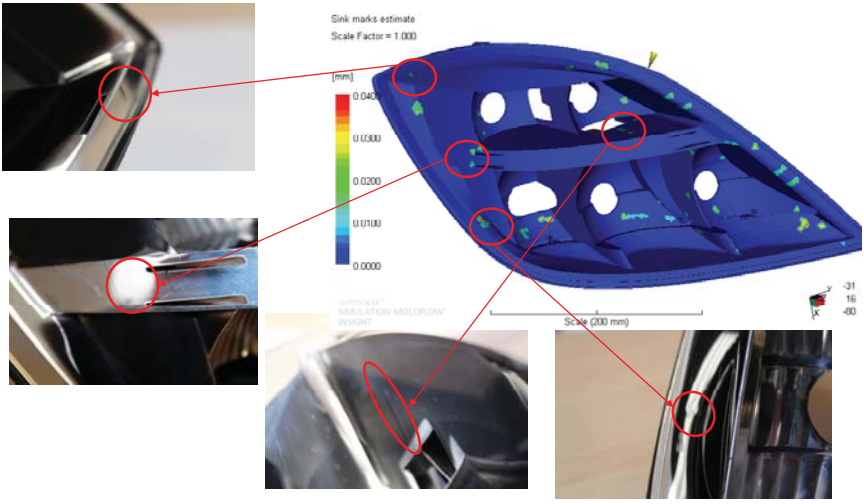


K přepnutí dochází při zaplnění dutiny formy z 98%. V bodě přepnutí je tlak zbylého vzduchu v dutině formy predikován na hodnotu 1,3 MPa.

V oblasti, kde dochází k nedoplnění dutiny formy taveninou, je uzavřený vzduch stlačen až na hodnotu 60 MPa. Tavenina musí tento vznikající odpor proti zaplnění překonávat a tím se zvyšuje vstřikovací tlak.

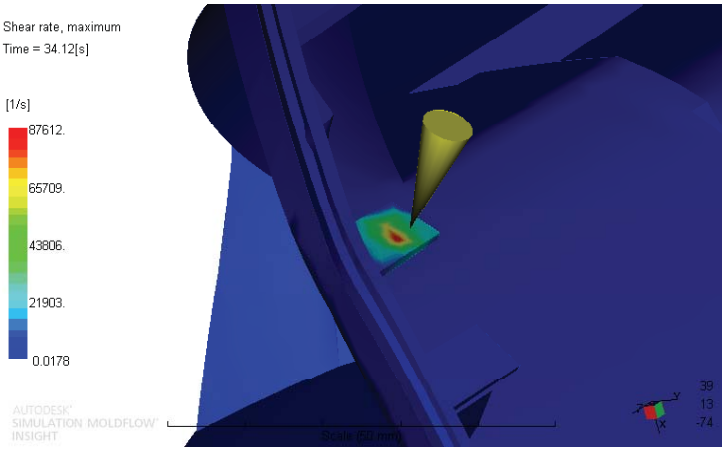
Propadliny

Vznikají v místech velkých tlouštěk stěn na výrobku.



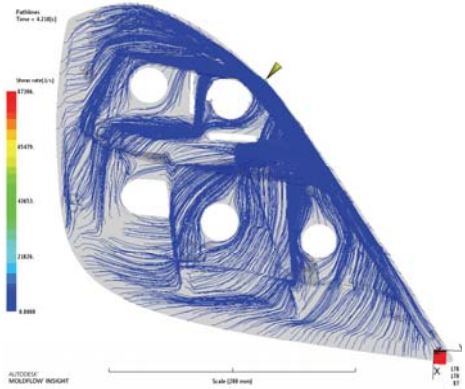
Smyková rychlost

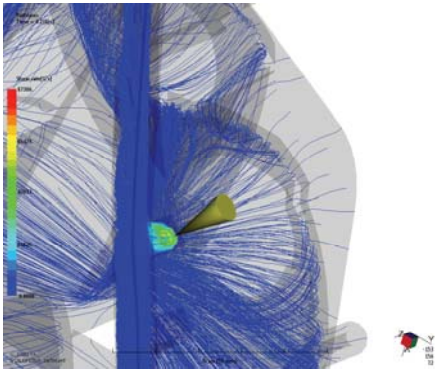
Zobrazení smykové rychlosti ve straších verzích AMF



Smyková rychlost MF 2016

Moldflow 2016 obsahuje nový výsledek Pathlines: který zobrazuje trajektorie částice při plnění dutiny formy.

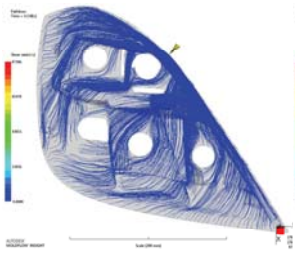


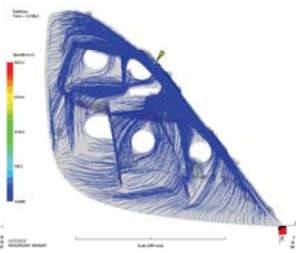


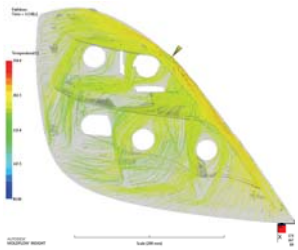
Pathlines MF 2016

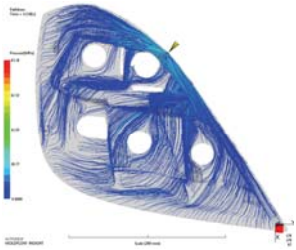
Pathlines zobrazuje trajektorie částice s výsledky:

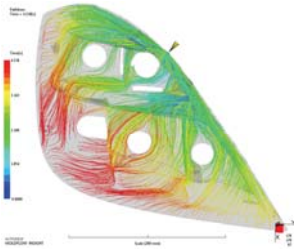
- **Smykovou rychlost**
- **Rychlost plnění**
- **Teplota**
- **Tlak**
- **Čas plnění**





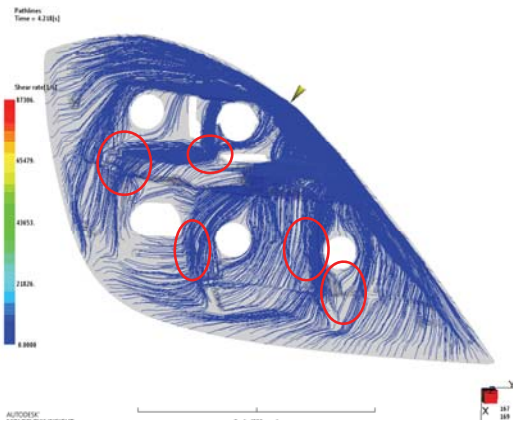


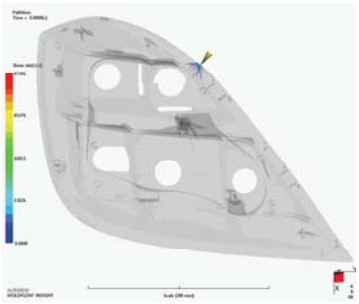




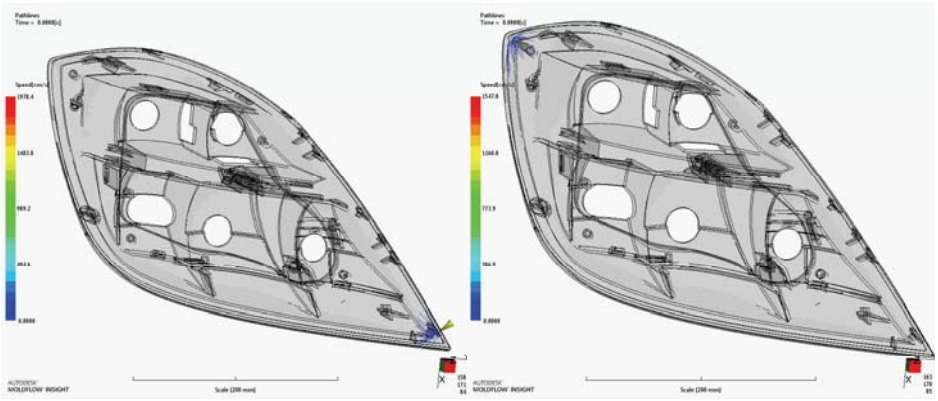
Pathlines - Zamlžení

Zamlžení vzniká náhlou změnou toku taveniny v dutině formy



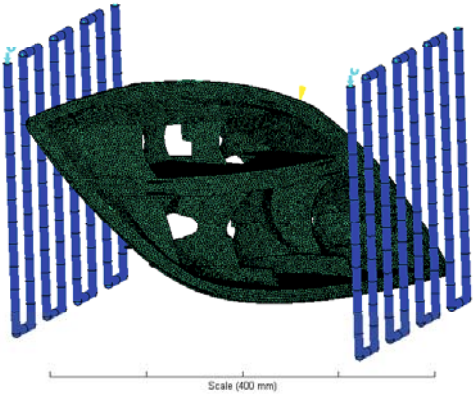


Změna polohy vtokového ústí

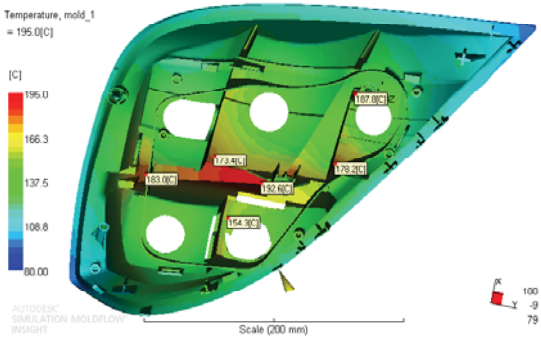


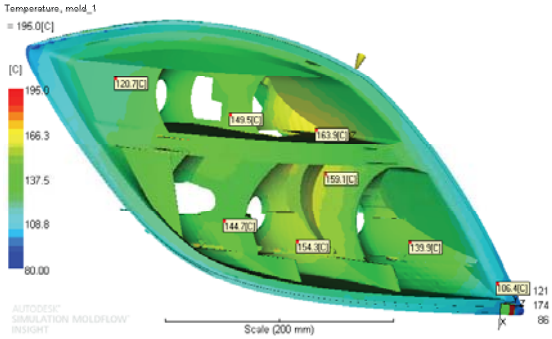
Chlazení

Jednoduchý chladící systém, který nahradí konkrétní tem. systém, který nemusí být ještě doladění, pro odhalení problematických míst pro chlazení.



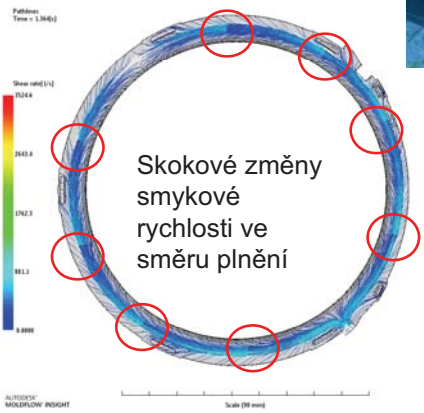
Teplota formy – určení oblastí, které se budou hůře chladit



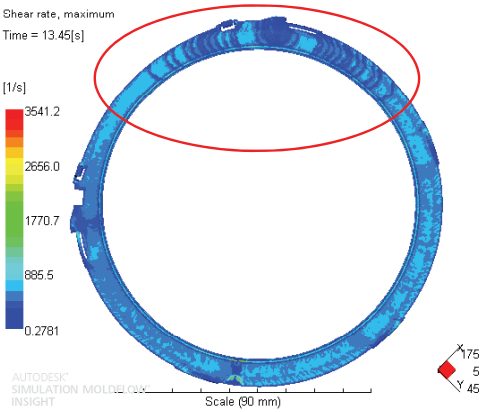


Tiger Efekt

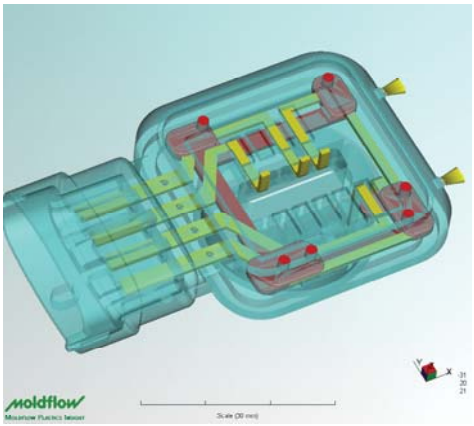
Vzniká pulzací taveniny v dutině formy a rozdílnou smykovou rychlostí.



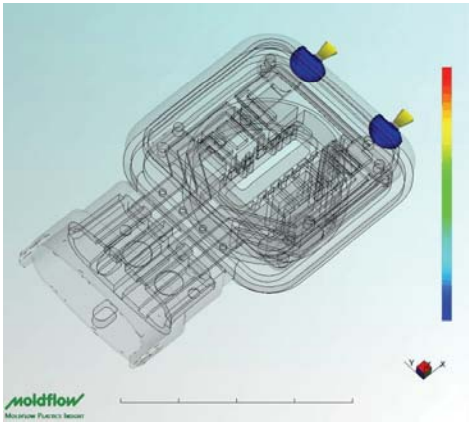
Průběh maximální smykový rychlosti odpovídá charakteru pohledové vady tiger efekt



Příklad vzniku lunkru



Plnění dutiny



Zamrznutí toku taveniny v čase

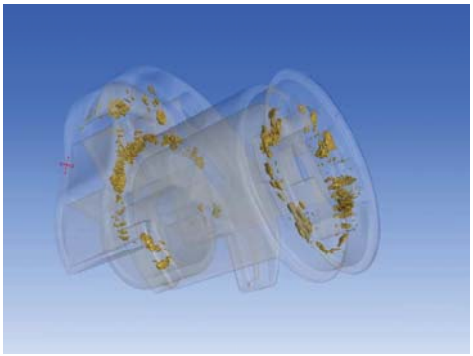
Vzniklé lunkry

Lunkry CT-Tomograf Ziess

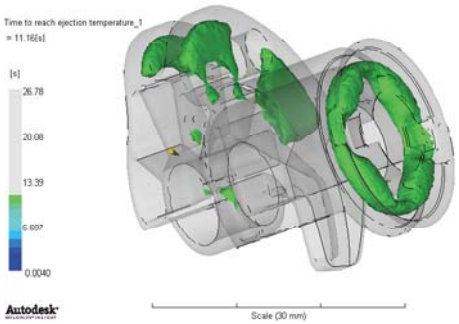
Abbildung 5: Pos. 18 „Operating Lever“, Lunker Übersicht
CT-Schnittbilder, Visualisierungsebene siehe Fadenkreuz

Lunkry

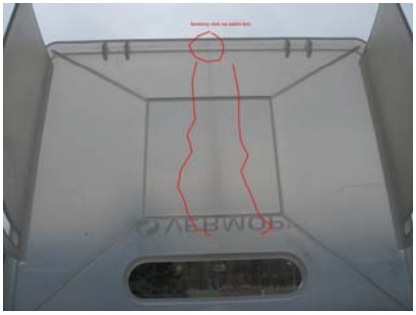
CT-Zeiss Tomograph

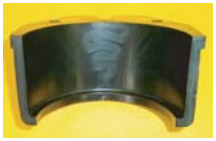


Moldflow analysis



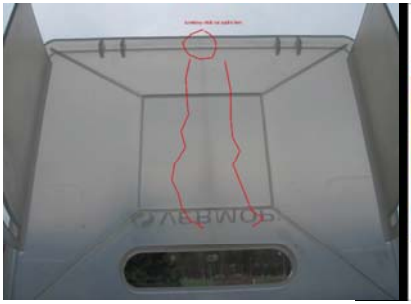
Jetting efekt

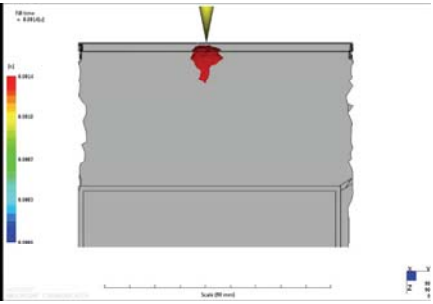




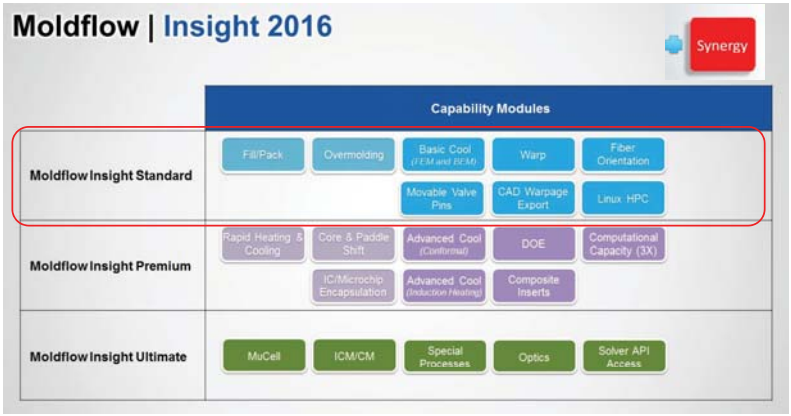
Reálný díl

Moldflow





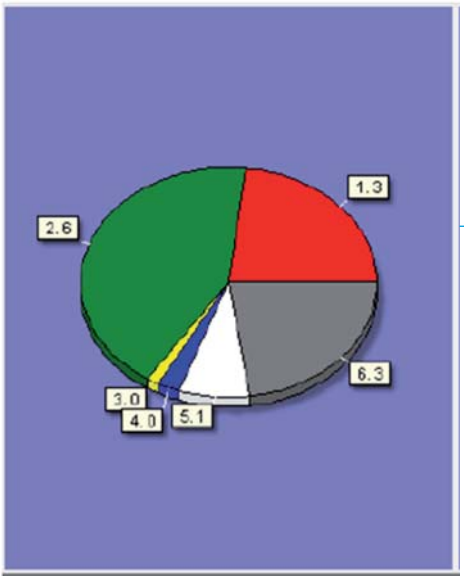
Moldflow Insight modularity



Základní porovnání **hydraulických a plně elektrických JSW vstřikovacích strojů**

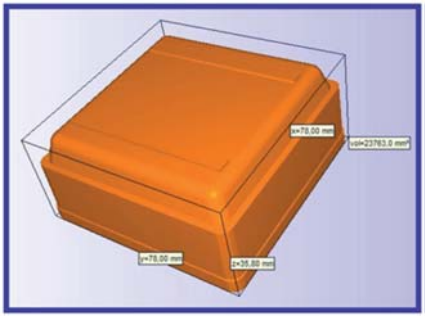
Srovnání začneme poněkud netradičně cenou výlisku.Cena výlisku – to je alfa a omega úspěchu v dnešní době, která extrémně tlačí na co nejnižší cenu, ale zároveň požaduje maximální kvalitu plastového dílu.

Lisovny se tak dostávají do kleští technologických podmínek, kdy se stávající technologií již není možné snižovat náklady a navíc cena vstupů jde proti trendu snižování nákladů. Jinak řečeno ceny vstupů rostou. Zvedá se cena lidské práce, cena plastových materiálů, cena energie.
Druhý problém, který lisovny řeší, je snižující se kvalita forem, které - díky enormnímu tlaku na cenu, nejsou velmi často postaveny na rychlé cykly, které by umožnili udržet snižovat cenu výstřiku. Nicméně i u takto postavených forem, je možné dosáhnout kratších cyklů, pokud to vstřikovací stroj umožňuje.
Pokud se podíváme na strukturu ceny výstřiku, pak je možné konstatovat, že největší podíl na ceně má a většinou také bude mít plastový materiál. Optimalizovat tuto položku z principu není možné. Díl musí mít parametry stanovené konstruktérem. Jediná možnost, jak snížit náklady na vstupní plastový materiál je použití kvalitních horkých vtoků a minimalizace studených kanálů například produkty firmy Thermoplay. Je logické, že kvalitní forma (tedy ne ta s nejnižší cenou) se pozitivně promítne do ceny dílů, protože lisovnu nenutí k ladění parametrů – tedy k výrobě nepoužitelných zmetků. Čím rychlejší a jednodušší je nasazení formy do cyklu, tím nižší je neproduktivní spotřeba materiálu.Navíc kvalitní forma minimalizuje nutnost reaktivní údržby a snižuje cenové i časové náklady na udržení formy v chodu.
Ovšem pozor. U jednoduchých, lehkých tvarů se mohou položky výrobních nákladů a ceny vstupního materiálu vyměnit místo a pak dále narůstá důležitost perfektní vstřikovací technologie.



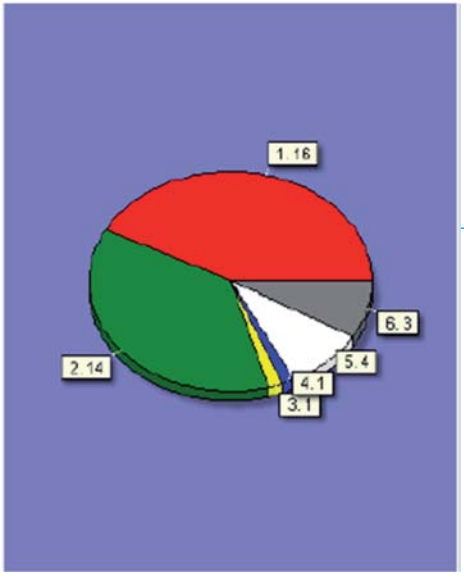
1.3 – náklady na materiál (23,3%)
2.6 – výrobní náklady (42,4%)
3.0 – tolerovaná zmetkovitost (1,3%)
4.0 – režijní náklady (2,6%)
5.1 – kalkulovaný HRUBÝ zisk (7,7%)
6.3 – podíl ceny formy (22,7%)

Kalkulováno pro krabičku 300 000 ks, výrobní dávka 15 000 ks.



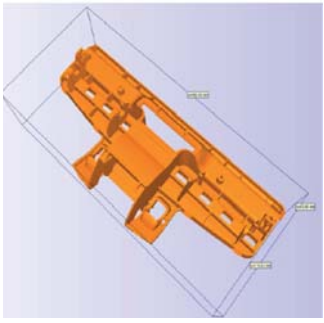
Obrázek 1cenový rozpad jednoduché formy pro 300.000 výlisků

Jednoduchým výpočtem je možné spočítat, že při výrobnosti 1.00.00,- kusů krabičky klesá podíl ceny formy z 22,7% na pouhých 8,1% a a tímto se dále zvyšuje podíl ceny materiálu a hlavně podíl výrobních nákladů. V tuto chvíli již samozřejmě stojí za to, podívat se, jak optimalizovat největší procentuální vstupy do ceny výlisku.
Standardně druhou cenově nejnáročnější finanční položkouna výrobu (někdy i první)jsou totiž výrobní náklady. Tedy náklady na vstřikovací stroj, energii strojem spotřebovanou, lidskou sílu a to vše je definované cyklovým časem.
Vzhledem k tomu, že lisovny velmi často nemohou ovlivnit cenu a kvalitu formy, musí pracovat s tím, co dostanou od klienta. Tím se možnost optimalizovat cenu výlisku postatně snižuje.
Výrobní náklady kalkulované na cyklus procentuálně klesají se zvětšující se výrobností a zvětšující se výrobní dávkou. Mohlo by se zdát, že optimální reakce na požadavky just-in-time, bude naplnit si interní sklady v lisovně předvýrobou, protože větší výrobní dávka snižuje cenu výlisku. Tato logická reakce (předvýroba) ovšem naráží na velký počet požadavků na výrobu a přeplněné kapacity lisoven, které velmi často neumožňují splnit předvýrobu a získat cenový náskok, díky zvětšení výrobní dávky. Jednoduše řečeno, počet požadavků na výrobu je takový, že lisovny nestíhají přehazovat formy, a z tohoto důvodu není možné se předzásobit výlisky.

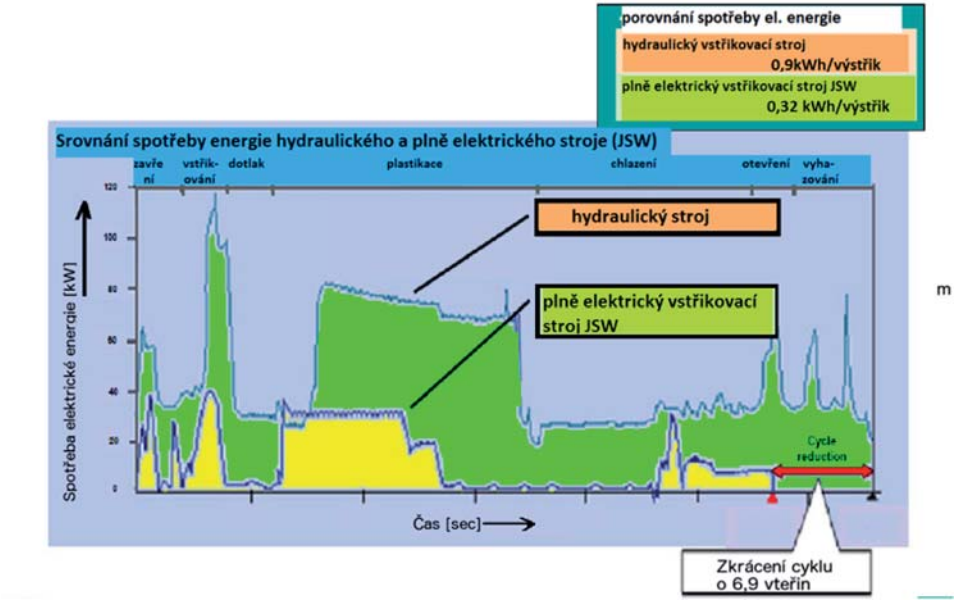


1.16 – náklady na materiál (42,2%)
2.14 – výrobní náklady (37,2%)
3.1 – tolerovaná zmetkovitost (1,6%)
4.1 – režijní náklady (1,5%)
5.1 – kalkulovaný HRUBÝ zisk (9,2%)
6.3 – podíl ceny formy (8,4%)

Kalkulováno pro hubici vysavače 250 000 ks, výrobní dávka 20 000 ks.



Vyjdeme-li z předpokladu, že formu není možné měnit, pak další možnost, jak snižovat náklady zůstává vstřikovací stroj. U stroje je možné optimalizovat rychlosti pohybu a technologické podmínky, tedy rychlosti vstřikování, dotlaky a tím celkově zkrátit cyklové časy stroje. Samozřejmě v době solárních elektráren a dotací na výrobu „zelené“ je ovšem spotřeba energie je jedním z nejzajímavějších ukazatelů a největším místem pro úspory.
Pro srovnání spotřeby elektrické energie, lze obecně vyjít z komparace hydraulického stroje vůči stroji plně – pozor – PLNĚ elektrickému, v tomto konkrétním případěvýrobce JSW – viz následující obrázek.



Jak je vidět na obrázku srovnání energetické náročnosti, plně elektrický stroj razantně snižuje maximální proudové špičky, a celkově omezuje průběžnou spotřebu energie. Jak je vidět na srovnání, již jen na spotřebě je plně elektrický stroj cenově výhodnější, což v součtu s dalšími výhodami (kratší cyklové časy atd. dává jako logickou volbu pro lisovny nasazené plně elektrického vstřikovacího stroje.
Potřebná maxima spotřeby energie otevírání a zavírání stroje jsou na cca 1/3 hydraulického stroje. Spotřeba energie se výrazně snížila a maximální špičky nejsou tak výrazné.
Další výhodou je markantní snížení spotřeby elektrické energie na plastikaci. Díky speciálním vstřikovacím jednotkám a vlastní výrobě šneků s optimalizovanou geometrií se se firmě JSW podařilo zkrátit doba plastikace a snížila se energetická náročnost. Pro zájemce je možné porovnat plastikační funkce standardní, se zpětným odporem a patentované funkce HAVC a IWCS, které zlepšují homogenitu dávky a pozitivně se projevují na velikosti dávky, polštáře a hlavně kvalitě vstřikovaného dílu. Viz katalog.
Nasazením plně elektrického stroje došlo v tomto konkrétním případě ke snížení energetické náročnosti vstřikovacího procesu a to z 0,9 kWh/1ks na 0,32 kWh/1ks. Jedná se o úsporu 0,58 kWh/ks, což je 64,4%, viz graf spotřeby energie.

Jak se spotřeba energie promítne do cenové kalkulace?

Jednoduchým výpočtem, pro výše uvedený příklad, tedy zjistíme, že budeme-li brát střední cenu za jednu kWh udávanou energetickým úřadem a to 3,85Kč/kWh pak bylo dosaženo těchto přínosů:

Vstupní podmínky

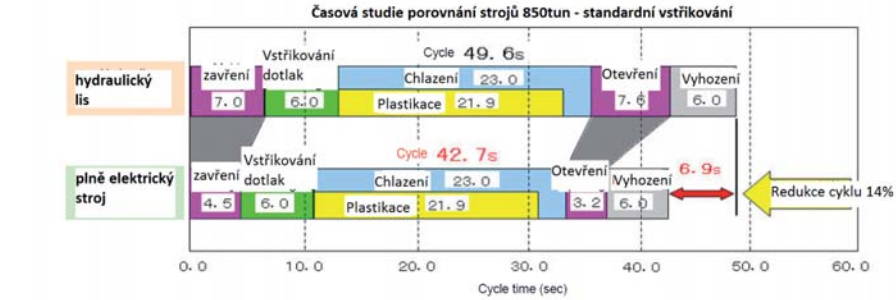
- **3,85Kč/kWh**
- **Cyklus 42,7sec**
- **Cca 84 cyklů za hodinu**

Úspora na jednom cyklu (viz graf) je 0,58 kWh. Vyčíslené úspory jsou pak takto:

výpočet	úspora	Jednotka času
0,58kWh*84cyklů*3,85Kč	**187,50 Kč**	Za jednu hodinu
187,50 Kč/hodina * 8hodin/směna	**1 500 Kč**	Za jednu směnu - 8hodin
1500 Kč/směna * 3směny	**4 500 Kč**	Za jeden pracovní den
4.500Kč/den * 292pracovních dní	**1 314 000 Kč**	Za jeden pracovní rok

Jak je vidět z výpočtu, tak úspora plně elektrického stroje JSW proti srovnávanému hydraulickému stroji tedy dělá 1 314 000 Kč za jeden pracovní rok, tedy za 292 dní

Navíc došlo ke zkrácení času cyklu o 6,9 vteřiny. Jak je vidět z grafu, zkrácení doby cyklu a tedy snížení ceny výlisku bylo dosaženo „pouze" zrychlením pohybů formy. Pro potřeby srovnání nákladů na elektrickou energii, zůstaly technologické podmínky shodné a optimalizovány byly „pouze" rychlosti otevírání a zavírání formy.



Nicméně, jak je vidět, i při shodných technologických parametrech je cyklus zefektivněn o 14%, což je jistě zajímavá finanční úspora.

Spočítané úspory jsou vidět na více stranách. Jedná se o součet těchto benefitů, které se pozitivně projevují na finální ekonomické bilanci lisovny.

Základní otázka zní „PROČ"

Tedy jak je možné, tak tak velký rozdíl energetických a časových úspor, vyčíslených v předchozím textu? Co je vlastně plně elektrický vstřikovací lis a kde se berou tyto rozdíly?

Následující schéma srovnává hydraulický a plně elektrický vstřikovací stroj. Jedná se o jednoduché srovnání schematické struktury s vyznačením zdrojů pohybu, přenosové soustavy a řízení, včetně možností kontroly.

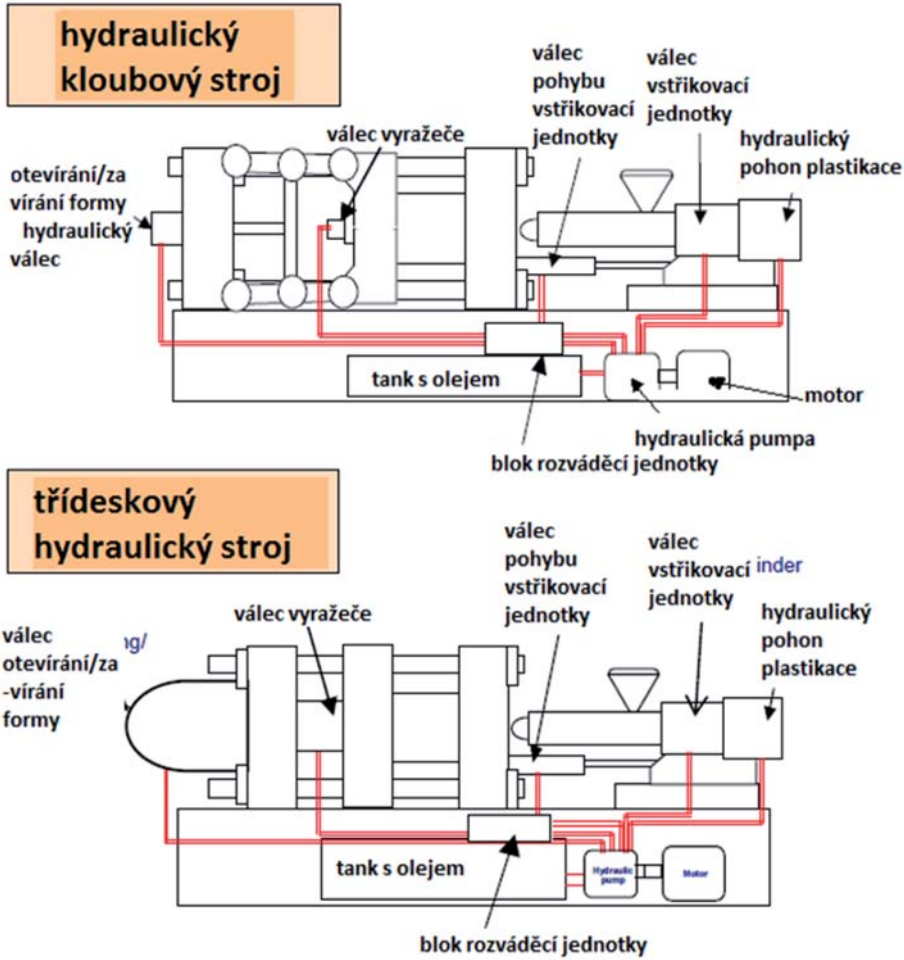


Figure 1 základní schema hydraulického stroje

Jednoduchým srovnáním s plně elektrickým strojem(viz obr 2) zjistíme, že základní schéma je výrazně jednodušší a poskytuje lepší využití vstupů elektrické energie (nižší ztráty na trase převodu elektrické energie na přímočarý pohyb), přesnější řízení díky uzavřené smyčce řízení a vede k efektivnějšímu využití vstupů energie.

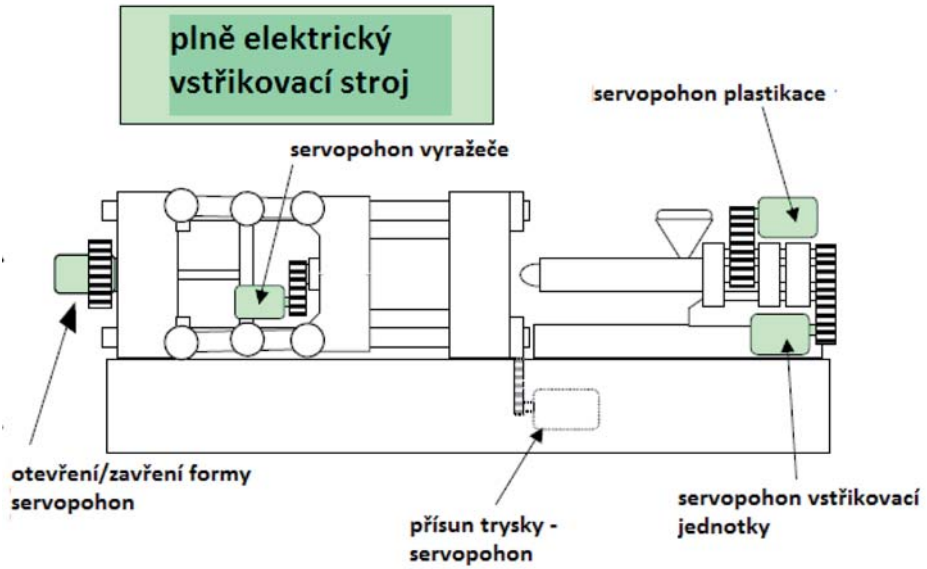


Figure 2 základní schéma plně elektrického stroje

Rozdíl hlavních vstupů je tedy zřejmý. Zatímco hydraulický vstřikovací stroj točí s olejovou pumpou v podstatě neustále a je zde tedy neustálý odběr energie, plně elektrický stroj naopak odebírá elektrickou energii pouze pokud potřebuje pohnout s libovolnou částí stroje. Viz obrázek 3 „srovnání spotřeby strojů s vyznačenou oblastí permanentního odběru". Jediný konstantní odběr plně elektrického stroje je tedy na topení vstřikovací jednotky – topení na „injection unit – vstřikovací jednotku", který je v horším případě shodný, avšak mnohdy nižší než na srovnatelném hydraulickém stroji.

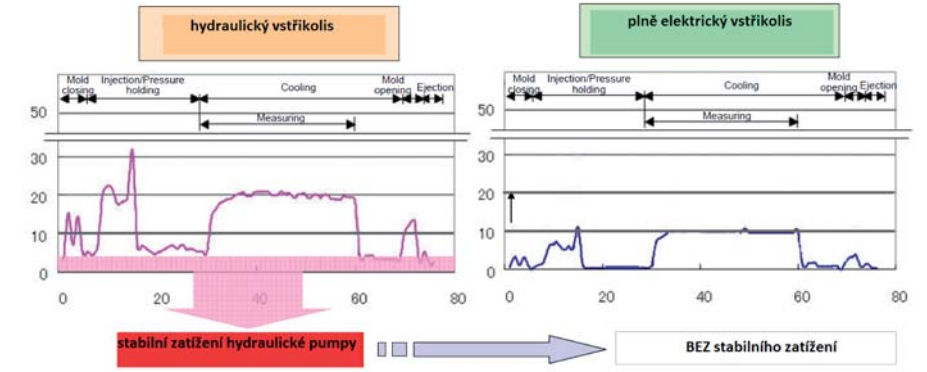


Figure 3 srovnání spotřeby strojů s vyznačenou oblastí permanentního odběru

Rozdíly **přenos výkonu**

Jak velké je stabilní zatížení a jak velká je energetická ztráta je zřejmé z porovnání cesty, kterou musí „urazit" elektrická energie, aby pohnula deskou, či například vyražečem.

Přenosová soustava hydraulických vstřikovacích lisů převádí výkon motoru pomocí hydraulické pumpy na tlak hydraulického oleje a ten prochází přes rozváděcí kostky, dlouhé potrubí, řídící ventily až do hydraulických válců, které teprve pohybují členy stroje. Každý vložený díl (škrtící ventil, hadice, rozváděcí kostka atd) je energetická ztráta. Energetická ztráta je na takovéto cestě enormní. I proto se energetická účinnost hydraulických strojů pohybuje okolo 66%.

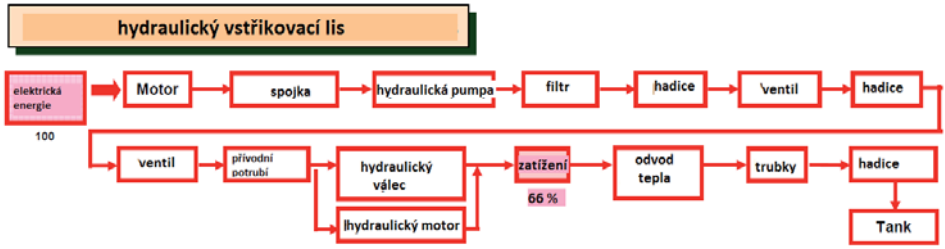


Figure 4 cesta média potřebná pro pohyb stroje - hydraulika

Oproti tomu „cesta" energie přes plně elektrický stroj je výrazně přímočařejší. Vstup energie jde přímo na motor a odtud přes přenosový pás na kuličkový šroub, který přímo, bez dalších mezičlenů, a tedy bez dalších ztrát, pohybuje s pohyblivými členy stroje. Efektivita využití energie je přes 90%.

Figure 5 cesta média potřebná pro pohyb stroje - plná elektrika

Jednoduchým srovnání je logické, že efektivita u plně elektrického stroje je řádově vyšší, než u stroje hydraulického, protože nedochází ke ztrátám po cestě přenosového média. Zatímco u hydrauliky je nutné rotační sílu motoru konvertovat přes hydraulickou pumpu na přímočarý pohyb hydraulického média. Již to samo o sobě je ztráta účinnosti.

Další ztráta je na filtrech (u plně elektrického stroje dochází k problémům rozdílu chodu stroje před prohřátím média a po nahřátí na provozní teplotu). Další ztráty jsou zapříčiněné redukcí tlaku a průtoku (regulační ventil) na bezpečné parametry a samozřejmě ztráty odporem v hadicích.

Rozdíly **v řízení**

Z výše popsaného funkčního schématu, plyne i rozdíl v přesnosti řízení. Na rozdíl od otevřeného řízení, které běžně používají hydraulické stroje, jsou v plně elektrickém stroji JSW použity servo pohony s uzavřenou řídící smyčkou. Tyto servo pohony jsou použity pro řízení vstřikování, dotlaku, plastikace pro otevření a zavření formy a samozřejmě i pro ovládání vyražeče. Tento systém pak poskytuje velmi přesné řízení, které díky neustálému vyhodnocování a rychlé řídící smyčce, umožňuje velmi vysoké opakované přesnosti polohy, rychlostí a tlaků.

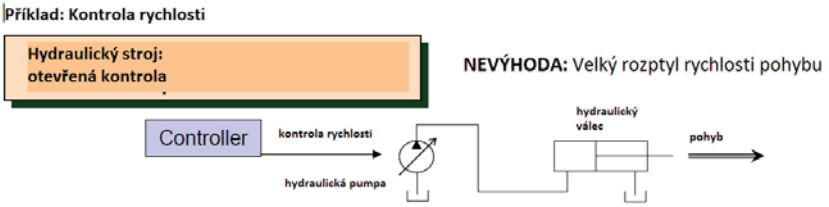


Figure 6 otevřená smyčka řízení

U plně elektrických lisů je provozní rychlost motoru neustále kontrolována a vyhodnocována a kontrolní funkce zajišťují nulový rozptyl hodnot rychlostí pohybu a díky tomu perfektní opakovatelnost.

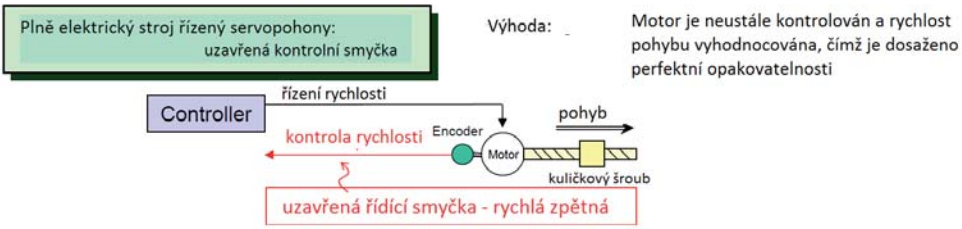


Figure 7uzavřená řídící smyčka

Rozdíly **v rychlosti kontroly**

V protikladu k rychlosti řídící smyčky hydraulických strojů, kdy rychlost odezvy je cca 1.000 µsec je u plně elektrických strojů JSW řídící smyčka 62,5µsec. Díky tomu se výrazně snižuje variabilita (rozptyl) jak rychlostí posunu, tak i polohování desek a samozřejmě přeběhu vstřikovacího tlaku. Přesnější řízení vstřikovacího tlaku, otevírá technologické okno a je možné použít větší rozsah paramterů pro vstřikování perfektních dílů.

Praktický příklad rozdílu rychlosti odezvy řídící smyčky, je možné ukázat na rozptylu bodu přepnutí. Při porovnání pozice bodu přepnutí z tlaku na dotlak, při vstřikovací rychlosti 800mm/sec je vidět na obrázku 8 „snížení rozptylu bodu přepnutí“, Při kratší časové řídící smyčce plně elektrického stroje JSW se redukuje rozptyl pozice bodu přepnutí na 1/16 proti hydraulickému stroji. Díky tomu se stabilizuje (tedy snižuje) váhový rozptyl výstřiku.

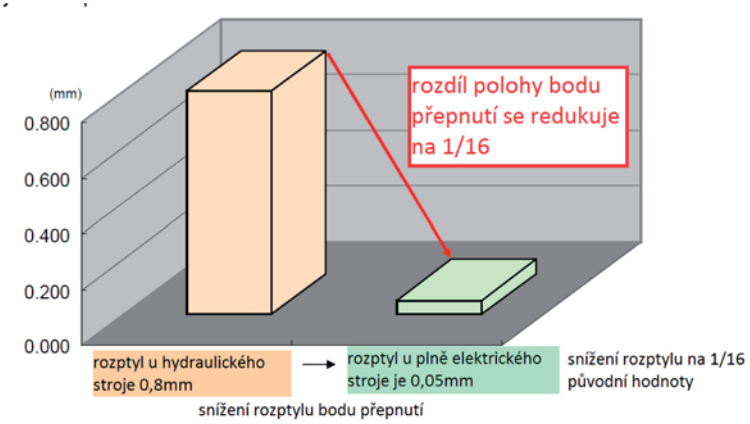


Figure 8 snížení rozptylu bodu přepnutí

Zlepšení váhové stability výstřiků

Neustálé a rychlé vyhodnocování pozice a mezení rozptylu bodu přepnutí, má přímý vliv na ekonomiku podniku.

Protože plně elektrické stroje JSW mají celý proces vstřikování neustále pod kontrolou a probíhá permanentní zpětná vazba, je umožněn trvale a opakovatelně stejný tlak bodu přepnutí a tím se dosahuje lepší váhové stability výstřiků.

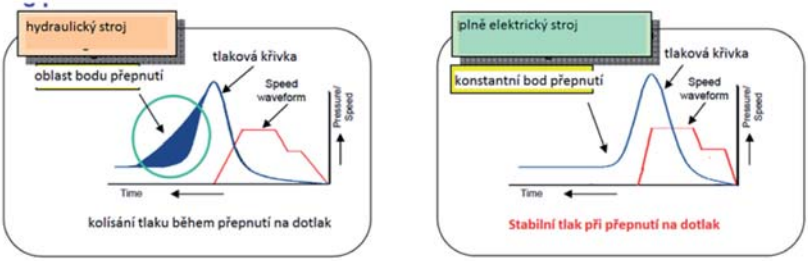


Figure 9 srovnání rozptylu bodu přepnutí

V důsledku přesnějšího bodu přepnutí se snižuje váhový rozdíl finálního výlisku. V následujícím případě se jedná o více jak 50% snížení váhového rozptylu výlisku.

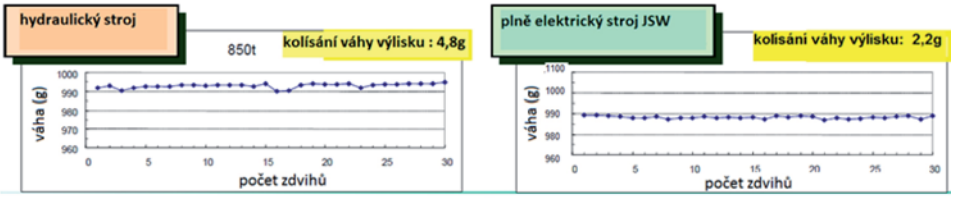


Figure 10 srovnání kolísání váhy výlisku

Ekonomické důsledky zpřesnění bodu přetlaku

Budeme-li vycházet z výše uvedeného snížení rozptylu váhy o 2,6 g (viz graf „srovnání kolísání váhy výlisku“) na jednom výlisku, lze jednoduše spočítat ekonomickou výhodnost nasazení plně elektrického stroje JSW.Jedná se stroj 850AD, cyklus 42,7 vteřin.

výpočet	úspora	Jednotka času
2,6g*83 cyklů/hodina	**215,8 g**	Za hodinu
215,8g * 8 hodin	**1 765,40 g**	Za směnu
1.7654g * 3 směny	**5,179kg – změna jednotek na kg**	Za jeden den
5,179kg * 292 pracovních dní	**1 512 kg**	Za jeden rok

Vyčíslená úspora za jeden pracovní rok, tedy 292 dní pak je zajímavých 1.512kg materiálu, tedy 1,5 tuny. Navíc v tomto případě došlo k 14% navýšení produktivity. Plus snížená spotřeba enerie.

Srovnání rychlostí otevření a zavření formy

U hydraulických lisů není opakovatelnost polohy při rychlých pohybech konstantní. Toto se negativně projevuje zvláště u vyjímání robotem, kdy rychlost pohybů hydrauliky musí být brzděná, aby nedocházelo p přeběhům pozice pohyblivé desky a robot našel výlisky a dutiny pro vkládání zálisků na stále stejném místě.

Naopak u plně elektrického stroje JSW jsou standardní pohyby velmi rychlé a opakovatelnost polohy vynikající. V důsledku toho se snižuje čas potřebný na otevření a zavření formy, a díky rychlejším pohybům dochází k redukci cyklového času a vyšší produktivitě.

K čemu vede možnost rychlejších pohybů, při garantované opakovatelnosti pozice? Následující graf ukazuje 14% nárůst produktivity, který byl dosažen díky rychlejším a přesnějším pohybům, bez optimalizace vstřikovacího procesu, tedy se shodnými technologickými parametry.

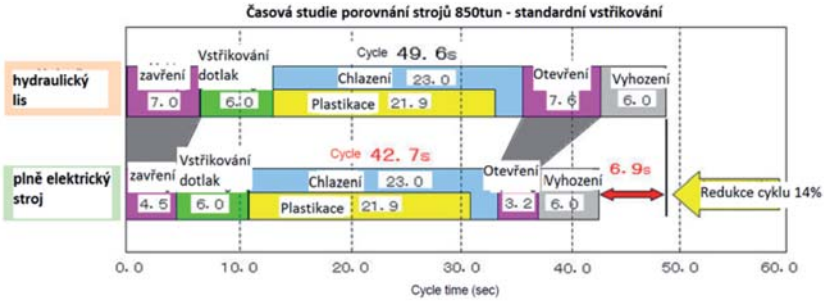


Figure 11 časová studie srovnávající rychlosti pohybů

Stabilita opakovatelnosti polohy pohyblivé desky

Rozdíly v koncové pozici pohyblivé desky jsou u hydraulických lisů značné. Díky tomu je nutné zpomalovat pohyby desky u hydraulických lisů, čímž se prodlužuje pracovní cyklus, a/nebo hrozí zastavení cyklu, kvůli alarmu robotu, který nenajde výlisek, nebo formu na místě, kde je očekávána.

U některých hydraulických lisů z roku 2012/2013 (tento text vznikl v roce 2016) byly u rychlejších pohybů hydrauliky naměřeny přeběhy polohy pohyblivé desky, které přesahovali 8mm. Aby se eliminovala tato chybovost, bylo nutné zpomalit pohyb desky při otevírání formy. Celkový rozdíl mezi plně elektrickým lisem JSW s vynikající opakovatelností polohya těmito hydraulickými lisy byl 0,6 až 1,5 vteřiny na otevírání formy. Čas byl měřen při shodném otevření formy o 110mm. Časový rozdíl 06-1,5 vteřiny byl dán rozdílem v testovaných formách. V tomto konkrétním případě v cyklech pod 10 vteřin se jedná o úsporu 6-15% z celého cyklu a to „pouze" na otevření formy.

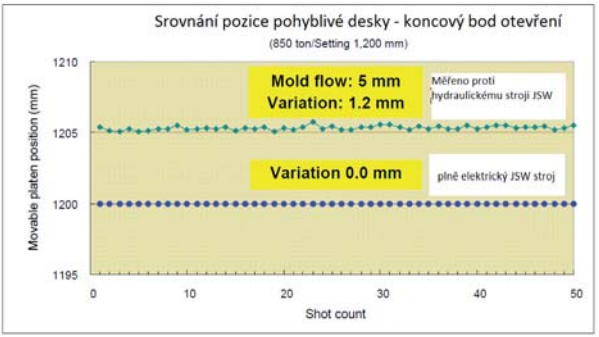


Figure 12 srovnání variability polohy otevření formy

Zrychlení

Stejně jako u CNC obráběcích strojů, je u vstřikovacích strojů podstatné zrychlení. Není podstatná maximální rychlost jakou stroj vyvine, ale maximální zrychlení, jakým se na tuto rychlost je možné dostat. S tím souvisí opačný problém, a to možnost rychlého a přesného zastavení, se sníženým momentovým namáháním pohonné soustavy.

Tedy kromě schopnosti vstřikovat vysokými vstřikovacími rychlostmi, umožňují plně elektrické vstřikovací stroje JSW pohyby s velmi nízkou setrvačností motoru a tedy nejen rychlý náběh rychlosti, ale také velmi rychlé zastavení. Tato vlastnost je dále zefektivněna pomocí tzv. „soft pack" kontroly, který „ořezává" peak na vstřikovací špičce, aby nedocházelo k přeplňování výlisků.
Plně elektrické stroje JSW tedy umožňují vstřikovat s vysokou mírou efektivity i výrobky, které jsou technologické hranici vyrobitelnosti pro standardní hydraulické stroje.

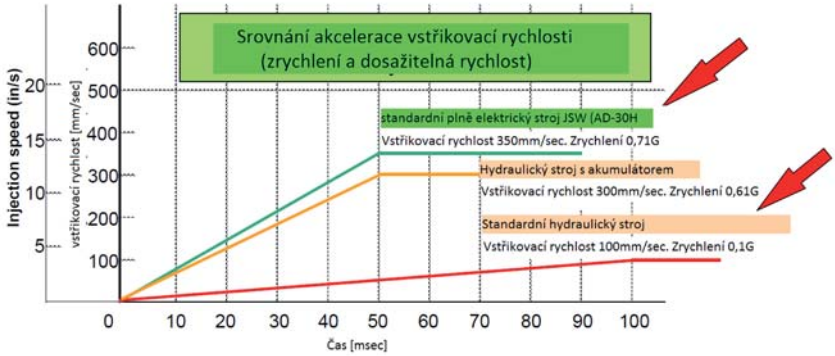


Figure 13 srovnání akcelerace vstřikovacích strojů

Graf na obrázku 13 „srovnání akcelerace vstřikovacích strojů" zobrazuje část, kdy se dává stroj do pohybu. Tady je nutné si uvědomit, že druhá část, této křivky bude obdobná, resp. delší protože proti zastavení bude působit moment setrvačnosti pohybované hmoty. Navíc při rychlém zastavení v hydraulickém systému obecně vzniká tlakový ráz, který negativně působí na životnost dílů okruhu řídícího média (oleje). Tedy prudké, razantní zastavení z vysoké rychlosti u hydraulických strojů zkracuje životnost těsnění, hadic, řídících ventilů atd. což se projeví potřebou zvýšené údržby u těchto strojů.

Úspora energie

Spotřeba energie u plně elektrických strojů je výrazně nižší, než u hydraulických strojů. Servopohony jsou obecně méně náročné a navíc spotřebovávají energii, pouze když jsou v pohybu. Srovnání spotřeby vstřikovacích strojů 850tun bylo uvedeno na začátku textu a jak z uvedeného plyne, spotřeba plně elektrického stroje je cca třetinová.
Jednoduše se dá při nákupu ověřit potenciál úspor prostým srovnáním instalovaných příkonů.

Rekuperace energie

Kinetická energie vznikající během vstřikování a/nebo při otevírání a zavírání formy je obecně problém. V případě strojů JSW, je takto vzniklá pohybová energie přeměňována na energii elektrickou. Energie brzdění pohybu je tedy využívána maximálně efektivně pro regeneraci energie, a to v podstatě beze zbytku.

Konvenční technologie tuto energii vybíjí pomocí rezistorů, což zvyšuje vnesené teplo do stroje a tím se snižuje přesnost výroby.

Poznámka na okraj: Kdo někdy jel v hybridním autě, tak ví, že efektivita decelerace přes rekuperační systémy je značná a nejen, že se takto dobíjí baterky, ale hlavně se prodlužuje životnost brzd. Na stejném principu pak pak funguje rekuperace energie ve strojích JSW. Naopak, elektrické stroje, které nemají rekuperační vlastnosti pro výrobu energie, uvolňují kinetickou energii jako tepelné vyzařování dovnitř stroje. Výsledek je vyšší požadavky na chladící výkon na stroj, zvýšená spotřeba energie a mimo jiné také nárůst emisí CO_2.

Příklad měření spotřeby a rekuperace energie

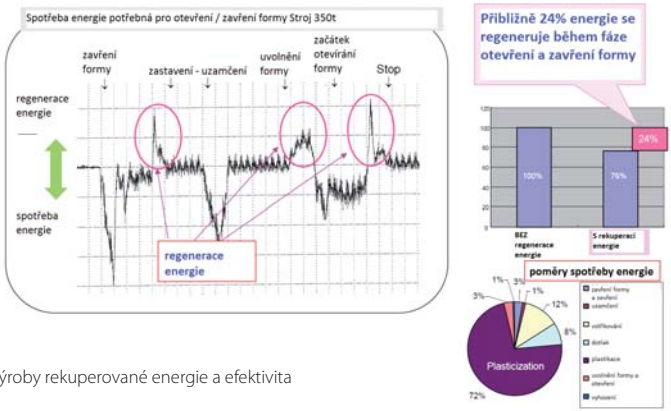


Figure 14 graf výroby rekuperované energie a efektivita

Ekonomické a ekologické hledisko výše uvedených výhod

Jak je vidět na obrázku 18 „zvýšená efektivita výroby - efektivita výroby narostla o 27%. Zároveň se snížila spotřeba energie o 60%. Lisovna tedy snížila náklady na výrobu, ale zároveň také snížila produkci CO_2, a to o 92 tun/rok.

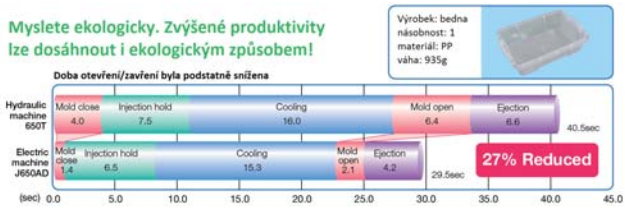
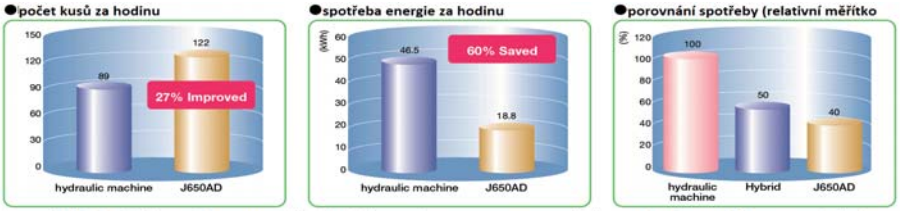


Figure 15 zvýšená efektivita výroby

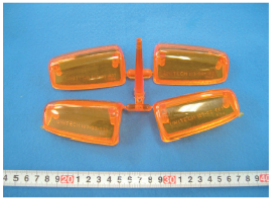


Porovnání hydraulického stroje 650tun s plně elektrickým strojem JSW J650AD. Pro výpočet CO2 byl konverzní faktor 0,555kg/kWh pro roční provoz 6.000 hodin. (20 hodin * 300pracovních dní = 6.000hodin/rok)

Snížené náklady na provoz stroje

Praktický příklad – krytka na světlo.

Forma	4 násobná
Materiál	PC
Cyklový čas	sníženo z 28 vteřin na 25 vteřin
Váha výstřiku	84 g



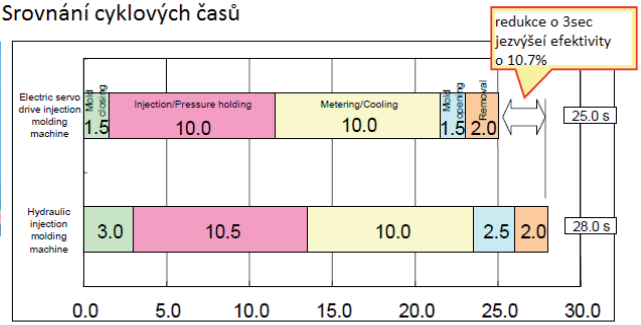


Figure 16 srovnání cyklových časů pro krytku světla

Jak je vidět z obrázku 23, zvedla se produktivita výroby. Zásadní otázka je, o kolik vyrobených kusů, za jeden rok. Tato otázka je ekonomicky velmi podstatná a pomůže odpovědět logická dotazy, které navazují na tuto kalkulaci. Tyto velmi důležité otázky, dotýkající se ekonomické bilance firem, zní tako:

- **Musím pořídit další formu, abych uspokojil klienta?**
- **Je nutné kupovat další stroj?**
- **Zvládnu vyrobit požadované množství výrobků na stávající ploše a se stávajícím počtem strojů?**

Vyjdeme-li z naměřeného rozdílu cyklových časů, pak nám jednoduchá srovnávací tabulka dá zajímavou odpověď na možnost zvýšení produktivity. Po výpočet kalkulujme 24hodin za den, 30 dní v měsíci a 12 měsícu efektivní dobu výroby (reálný příklad)

Roční produkce - srovnání		
	Čas cyklu	Roční produkce
Plně elektrický stroj JSW	25 sec	1 242 173
Hydraulický stroj	28 sec	1 109 272
rozdíl		**132 900**

Změnou stroje získala lisovna výrobní okno o velikosti 132.900 kusů za jeden rok, při snížené spotřebě a tedy snížených nákladech na energii. Má kapacitní okno, které umožňuje předvýrobu a tím lépe rozložit zatížení stroje v čase a nabízí prostor pro pravidelnou preventivní údržbu. Rozhodnutí, jestli je je 132.900 kusů navíc hodně, nebo málo je obtížně definovatelné a proto přepočítáme jednotky kusů na dny.

Tedy – pokud potřebuji vyrobit dávku 1.109.272kusů na plně elektrickém stroji JSW, o kolik dní rychleji bude výroba hotova? V tomto konkrétním případě se jedná o 47 dní. Což je 6,7 týdne. Tedy výroba bude hotovo v požadované kvalitě o váice jak jede a půl měsíce rychleji.

Příklad úspor proti stroji s rokem výroby 1982. Příklad pro stroj 180AD spotřeba energie na uzávěr kečupu. Materiál PP, 32 dutin, váha 27,2 g.

Nahrazovaný stroj byl v tomto případě staršího data. Jednalo se o hydraulický stroj s rokem výroby 1982.

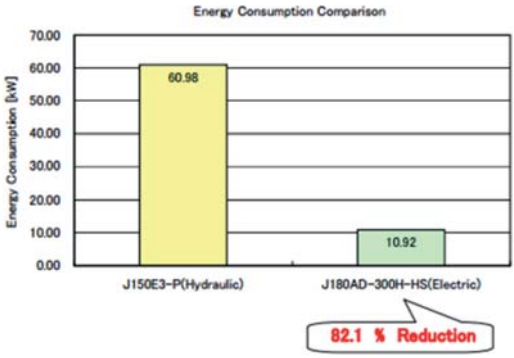
Forma	**32 násobná**
Materiál	**PP**
Cyklový čas	**pro jednodušší srovnání shodný**
Váha výstřiku	**27,2 g**

Všimněte si, že pro ucelené srovnání byly zvoleny shodné technologické podmínky se stejnými technologickými časy. V normální výrobě jsou cyklové časy kratší, a tedy celková úspora narůstá. Úspora energie je tedy kalkulována za zcela shodných technologických podmínek, aby bylo výsledné číslo jednoduše porovnatelné.

@ Molding Condition

		Hydraulic	Electric
Model		J150E3-P	J180AD-300H-HS
Screw diameter	mm	46	46
Injection pressure	MPa	120.0	120.0
Holding pressure	MPa	30.0	30.0
Cycle time	s	3.4	3.4
Injection time	s	0.3	0.3
Holding time	s	0.4	0.4
Recovery time	s	1.4	1.4
Cooling time	s	1.5	1.5
Mold open/close time	s	1.0	1.0
Part remove time	s	0.2	0.2

*Even though shorter cycle is expected on electric machine, this report made based on same cycle time to show energy saving.



@ Cost Comparison

Model		J150E3-P	J180AD-300H-HS
Energy consumption	kW	60.98	10.92
Annual cost	JPY/Year	6,585,586	1,178,954
Amount of reduction	JPY/Year	-	5,406,632

Note 1: Electric rate = JPY15/kW/h
Note 2: Annual work hours = 7200Hours
(12Months X 25Days X 24Hours)

Amount of reduction of annual cost

JSW

Úspora v tomto konkrétním příkladu je 81,2%.

Jedná se o úsporu 50,6 kW. Je-li pracovní rok 292 dní, pak je úspora pro stroj 180AD se vstřikovací jednotkou 300 H takto (50,6kW ×24hodin×292dní) × 3,85Kč/kWh = **1 365 224 Kč za jeden rok**.
Jinak řečeno – není nutné zaplatit 1 365 244 Kč za elektrickou energii každý rok.

Úspora za 10 let: 13 652 440 Kč

Proč je kalkulovaná hodnota na 10let? Protože JSW dává záruku na stroje až 10let!

Závěr: srovnání hydraulických a plně elektrických strojů

Plně elektrické stroje nabízejí:

- Rychlejší pohyby – vyšší výrobnost
- Zvýšená přesnost – snížení zmetkovitosti
- Snížené spotřeba – nižší náklady
- Snížení nákladů na olejové hospodářství
- Menší poruchovost – nižší investice do údržby + kratší čas odstávek (vyšší výrobnost)
- Snížení hlučnosti – lepší pracovní prostředí
- Snížení emisí CO_2 – výroba odpovídá směrnicím EU

Srovnání z hlediska konkurenceschopnosti

Díky nižší spotřebě energií a vyšší výrobnosti mají lisovny lepší pozici na trhu, a budou konkurenceschopnější.

Srovnání z hlediska počtů strojů a stavebních úprav

Zvýšená výrobnost na jeden stroj snižuje nutnost investovat do nových strojů – větší výrobnost na stávajícím počtu strojů navíc nenutí k investicím do nových prostor.

Extra BONUS – srovnání dopadů snižování cen na formu a vstřikovací proces

V následující tabulce je vidět kalkulovaná úspora na výlisku, při snaze stlačit cenu formy – viz detailní článek „CalcMaster – ukázková kalkulace formy"

Forma	Cena formy	Ceny výlisku
TOP kvalita, oversize forma, která se nebude deformovat, dlouhodobá životnost, minimalizované náklady na údržbu	21 000 €	0,089 €/ks
Standardní provedení, solidní kvalita, menší forma, nutná kvalitnější údržba	18 600 €	0,0877 €/ks
Nejlevnější forma, měkké tvary, bez garance životnosti, jedním slovem – noční můra údržby	16 000 €	**0,0865 €/1ks**

Maximální teoretická, tedy „optická" úspora (opticky zde úspora je, že uspořené finance na nákupu proinvestujeme do udržení formy v provozu) je 0,0025 EUR/ks, tedy 0,067 Kč/výstřik. (počítáno na 2 000 000 výstřiků)

Pokud by se firma vydala cestou úspor na technologickým cyklu:

Forma	Cyklus	Ceny výlisku
Cyklus pro standardní běh formy	25 vteřin	0,089 €/ks
Cyklus pro rychlý běh formy	18 vteřin	0,083 €/1ks
Cyklus pro rychlý běh formy, rovnoměrná tloušťka stěny 2 mm, zvednutá hodnota teploty vyhazování na 90°C	13 vteřin	0,0748 €/1ks

Prostým výpočtem je možné dobrat se úspory na stejné formě při nasazení plně elektrického stroje JSW. **Při optimalizaci technologie je možné dosáhnout úspory na jednom výlisku cca 0,006 EUR/ks tedy 0,162 Kč/výstřik.**
Srovnáme-li tedy úspory na formě, kdy se jedná o úsporu cca 23% z ceny formy – POZOR – z ceny optimalizované formy, s dlouhou životností, pak je zde optická úspora cca 0,067Kč/ výstřik.
Nebo se můžeme vydat cestou optimalizace technologie a dosáhnout úspory 0,167 Kč/výstřik a to i za cenu vyšší ceny formy!

Ekonomická otázka: **Co je víc? 0,067Kč, nebo 0,167Kč ?**

Plus samozřejmě úspora energie na vstřikovací proces (viz předchozí kalkulace finanční úspory na cyklu), navíc při kvalitní formě odpadnou reaktivní náklady na údržbu atd.

CalcMaster

jejednoduchý systém, který pomáhá hledat optimum, mezi cenovými variantami. Díky možnostem přizpůsobení umožňuje zachovat know-how zkušených technických pracovníků, pro další kalkulace prováděné novou generací techniků.

Vhodnou, anebo naopak nevhodnou volbou parametrů pro optimalizaci lze snížit cenu výlisku, snížit cenu údržby, a/nebo snížit cenu formy. Velmi často ovšem stojí tyto parametry protisobě.

Na začátku výpočtu je potřeba si vždy uvědomit, který parametr chce zadavatel optimalizovat. Málokdo si totiž uvědomuje, že optimalizovat lze pouze jeden parametr.

Optimalizuje se vždy jen JEDEN parametr

Velmi pěkný příklad z praxe, který všichni známe, jsou zimní pneumatiky. Od letošního roku je povinnost výrobců opatřovat pneumatiky takzvaným „energetickým štítkem". Jak je vidět z parametrů na štítku, je možné optimalizovat buď spotřebu, nebo bezpečnost. Uvedenépožadavky jsou v kontradikci,tj.vzájemně se vylučují.

Je možné dosáhnout velmi dobré spotřeby – ovšem za cenu nižší přilnavosti (tvrdší směs pneumatiky) a tedy horších jízdních vlastností a bezpečnosti.
Nebo je možné dosáhnout vynikající ovladatelnosti a bezpečnosti, tedy použít měkčí směs na pneumatiku, ale v tu chvíli stoupá spotřeba.

Zcela stejné je to s cenou za formu a za výstřik

Je možné udělat velmi levnou formu, ale cena formy se může projevit v delším výrobním cyklu, rozhodně se projeví vyššími náklady na údržbu, horšími vstřikovacími parametry a nemožností ovlivnit tak dobře parametry cyklu a výlisku. Technologické okno pro nastavování bude menší. Celkově tedy nižší cena formy musí vést a také v technické praxi vede na celkově vyšší cenu plastového dílu.
Druhá varianta je, již od začátku optimalizovat cenu plastového výlisku a připlatit za formu tak, aby splňovala dlouhodobě co nejkratší cykly a minimum požadované údržby. Je potřeba si uvědomit, že údržba se pohybuje ve třech oblastech.

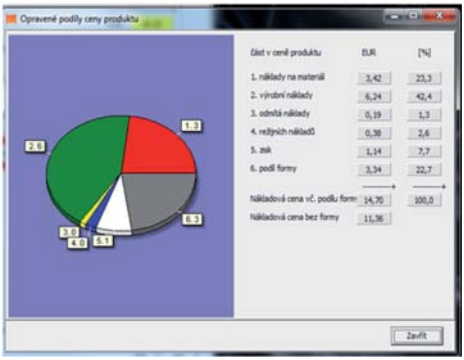
1. **Reaktivní - nejdražší**
2. **Preventivní – většinou vychází výrazně levněji než reaktivní údržba**
3. **Prediktivní – optimální varianta**

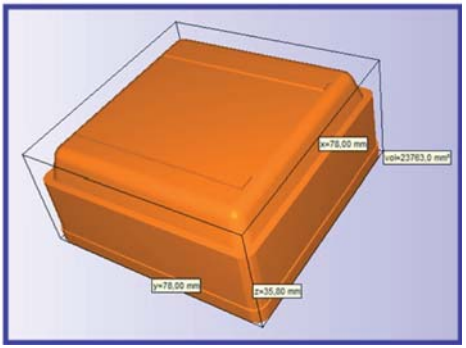
Detaily viz přednáška MachineLOG IT.
Velmi výrazným vstupním faktorem pro rozhodování o ceně formy je fakt, že cena formy vstupuje do ceny výlisku cca 15-30% , jak je vidět na následujících grafech.
Druhý velmi důležitýpředpoklad je, že vstupní materiál pro výrobu formy – pozor kvalitní vstupní materiál – stojí všude přibližně stejně a není možné zde ušetřit výrazné procenta z celkové ceny formy. Ušetřit na nákupu sice lze, ale za cenu nekvalitního materiálu, nebo nedostatečného tepelného zpracování, tzn. bude se jednat o měkkou formu.

Dalším výrazným vstupním faktorem jsou hodiny potřebné na obrábění. Je naivní si myslet, že stroj v Číně, nebo Indii pojede o 30% rychleji. Z technické praxe všichni víme, že takto to nefunguje. Čas potřebný na obrábění je všude přibližně stejný. Zde hraje rozhodující roli cena hodiny stroje (pořizovací hodnota) a potažmo tedy i pracovníka,včetně jakosti-tvrdosti obráběného materiálu. Jak bylo řešeno na přednášce pana Lubomíra Zeman na konferenci SVOBODA 2012 – přednáška formy z Číny – mzdová úroveň v asijských zemích dotahuje a v mnoha případech už dosáhla stejné výše, jako jsou mzdové náklady v ČR.

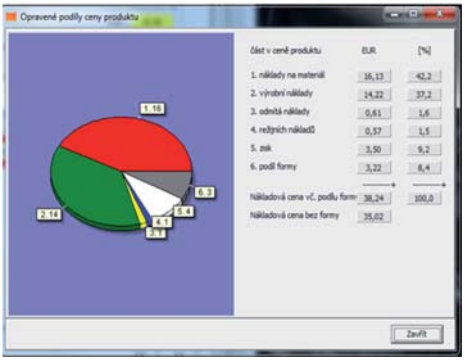
Jak vypadá rozložení vstupních podílů jednotlivých částí, do ceny formy?

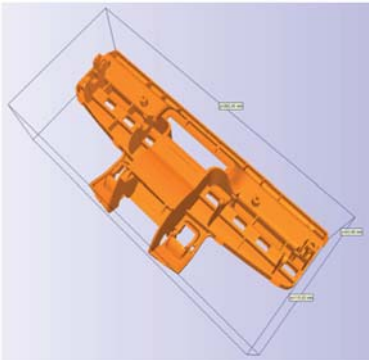
Podíl ceny formy na jednoduché krabičce – kalkulováno na 300 000 kusů



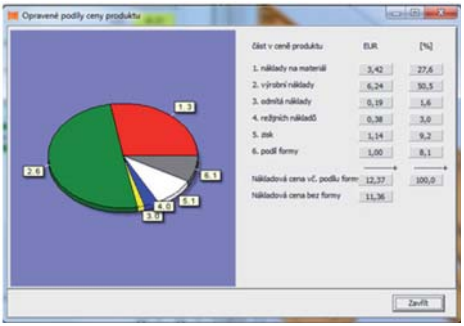


Podíl ceny formy pro složitý výrobek (sací hubice vysavače) – kalkulováno na 250 000 kusů





Čím vyšší počet zdvihů (větší počet výlisků) tím menší je podíl formy na ceně výlisku



Pouhou změnou parametrů (počet výlisků u krabičky) se změní procentuální vstup formy do výlisku. Kalkulováno se stejnou cenou formy na 1.000.000 výlisků se podíl formy pro krabičku odpovídající tomuto počtu změní z 22,7% na podíl odpovídající 8,1% vstupu do ceny výlisku.

Základní otázka tedy zní, jak přesvědčit klienta, že firma umí udělat lepší a produktivnější formu s minimálním navýšením?

Co přináší systém **CalcMaster?**

V tomto případě přichází na řadu unikátní expertní systém CalcMaster, který umožňuje velmi rychle zkalkulovat cenu formy. Tento systém nabízí ucelenou kalkulaci nejen ceny formy, ale nabízí mnohem víc.

Jedná se hlavně o tyto parametry:

- **Časová hodnota výroby formy, rozdělená na jednotlivá pracoviště, včetně vstupů materiálu (zde je velmi významná možnost upravit technologické parametry na strojní vybavení nástrojárny)**
- **Nejekonomičtější počet dutin v závislosti na požadovaném počtu výlisků**
- **Vstřikovací cyklus výlisku – jedná se o optimální parametry, které je možné ve většině případů zkrátit.**
- **Kompletní nákladová cena výlisku, včetně balení, dopravy a režie THM**

Nákladová **cena formy**

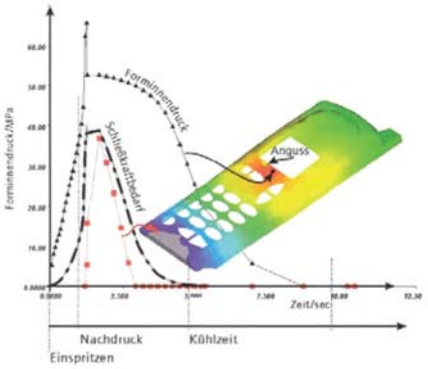
Pro vyhodnocení nákladové ceny formy se využije expertnísystém. Vychází přitom z rozhodujících kritérií, jako jenapříklad produktová geometrie, tolerance, poměr povrchů, druh vtokových a vyhazovacích zařízení, mechanismů, chlazení, čelisti atd. Jsou přidány kritéria pro výrobu dutin,základního rámu formy apod. a program vypočítá celkovýpočet hodin výroby, konstrukce, hodiny a další náklady namateriál, kalení, horké trysky, standardní části apod., a potécelkovou nákladovou cenu formy. Při změně počtu dutin,- program vypočítá velmi rychle novou alternativu nákladovéceny.

Tato nákladová cena se následně s pomocí dalšíchvypočtených hodnot, opraví metodou postupných kroků. Analýzy nákladů na hodiny a podíly jednotlivých nákladů lzezobrazit graficky.

Vstřikovací tlak, uzavírací síly a doby cyklu

Vstřikovací tlak a uzavírací síly jsou kalkulovány v různých vstřikovacích časech v závislosti na štíhlostním poměru,tj poměru délky toku taveniny k tloušťce výstřiku.

Vstřikovací časy jsou vybrány z programu CalcMaster azávisí na tloušťce stěnyvýstřiku. Po výpočtu doby chlazení se dobacyklu počítá a zobrazuje v detailu, kde mohou být použitydalší korekce a vyhodnocení. U výrobků, s tlustýmistěnami, u nichž ve většině případů vnitřní jádro produktůnemusí být ochlazeno na teplotu odformování– můžetevybrat optimální dobu chlazení z grafu průběhu teploty vevztahu k celkové tloušťce stěny pro 5 variant dobychlazení. S využitím grafu teplotní křivky můžete zvolitsprávný čas odformování.



Ekonomický **počet dutin**

Stanovení optimálního počtu dutin formy není takjednoduché, jak se může zdát. CalcMaster je rozhodněvhodným nástrojem pro jejich vyhodnocení. S využitím jižvypočítané ceny formy, doby cyklu, uzavírací síly,velikosti vstřikovacího stroje a nákladové ceny produktu,program vypočítá nejúspornější počet dutin. Graf dávájasný přehled, na jehož základě je možné provést konečnérozhodnutí a udělat si jasnou představu o cenách.S pomocí těchto informací je možné dopočítat a upřesnitcenu formy a cenu výrobku na optimálně zvolený početdutin.

Nákladová kalkulace ceny produktu

Při výpočtu nákladové ceny je nutné zohlednit všechny aspekty. Materiálové náklady ovlivňují suroviny, barviva a ostatní přísady. Doplňkové díly a skladování materiálu je možné vyhodnotit samostatně. Náklady vstřikovacího stroje jsou určovány velikostí stroje a uzavírací silou. Celkové strojové náklady jsou potom určeny pomocí sazeb stroje a vypočteného cyklu.

Strojové sazby jsou nabídnuty v tabulce v samostatném okně a stačí, abyste vybrali vhodnou volbu z této tabulky. Dále můžete vložit cenu práce, režijní náklady a náklady na změnu formy.
Na vypočtené výrobní náklady se přidává faktor selhání - zmetkovitost. Další obecné náklady, jako je úprava, doprava a balení jsou počítány zvlášť. Na konci výpočtu se uplatní slevy, provize a zisky. Nákladová cena se počítá pro 100 kusů produktu, a je uvažována bez amortizace formy. Nakonec jsou doplněny některé obecné informace, jako je celkový obrat, požadované množství materiálu, celková doba výroby, atd. Pro lepší odhad lze nákladové ceny zobrazit graficky.

Co přináší systém CalcMaster – summary

- **Nákladové ceny + detailní rozpis hodin**
- **Výpočet celkových nákladů formy s vyhodnocením**
- **Výpočet celkových upravených nákladů formy**
- **Výpočet podrobného rozpisu hodin pro konstrukci**
- **Výpočet kompletní podrobné skladby celkových hodin**
- **Export všech dat do reportu (Automobilový průmysl) ve formátu Exel.**

Včetně:

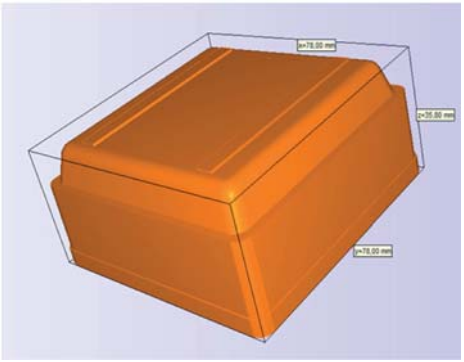
- Výrobních hodin dutin
- Výrobních hodin základního rámu formy.
- Výrobních hodin pro nastavení / vzorkování.
- Počet hodin pro programování strojů.
- Počet hodin na technologickou přípravu výroby
- Celkový počet hodin nástrojárny.
- Počet hodin pro konstrukci forem a výkresovou dokumentaci.
- Náklady na materiálformy a jeho úpravy (tepelné zpracování).
- Náklady na základní rám formy.
- Náklady na standardní díly.
- Celkové náklady na systém horkých trysek.
- Náklady na zkoušky, ověření, implementaci formy, poprodejní nákladya ziskové marže.

Jak expertní systém **CalcMaster pracuje?**

Pro ukázkovou kalkulaci použijeme model krabičky, z materiálu PP, celkový počet výlisků během 5ti let bude 1.000.000 kusů, s náběhovou křivkou kulminující ve třetím roce provozu formu s požadavkem 500.000 výlisků za rok.

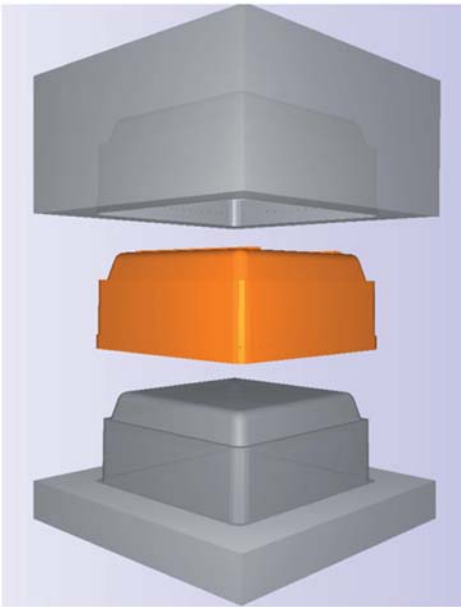
1. Vstup

Prvním vstupem je v optimální variantě 3D model. Data lze zadat i z 2D výkresu, ale tento vstup je delší a vyžaduje vyšší technické znalosti.



Systém sám najde a „rozjede" dělící rovinu. Tuto rovinu lze samozřejmě upravovat a orientovat libovolně dle požadavku.

Po přenesení do kalkulace je nutné zkontrolovat parametry zadání a doplnit informace, které systém z principu věci nemůže znát. Dále je potřeba se rozhodnout, jakou má nástrojárna k dispozici technologii a co nejlépe naladit parametry technologie tak, aby byla zaručena maximální efektivita procesu. Tzn. formu chtějí vyrobit všichni co nejlépe, co nejrychleji a zároveň je nutné na ní vydělat.
Jak moc ovlivňují cenu parametry vstupů, je možné velmi jednoduše ukázat právě na této kalkulaci. Systém výpočtu bude probíhat na stejných vzorcích a stejné databázi. Budeme měnit parametry vstupu, sledovat jak nám tyto vypočtené informace vstupují do ceny výlisku a zkusíme odhadnout tak naprosto nepředpověditelnou věc, jako je cena údržby.
Díky použitému matematickému modelu jsou tyto kalkulace průkazné a pravdivé. Je nutno si uvědomit, že každá firma má rozdílně postavenou technologii a jinou úroveň hodinových sazeb. Je možné, že takto kalkulovaná forma nemusí odpovídat konkrétní nástrojárně, ale vždy bude platit poměr níže zkalkulovaných cen.
Díky jednotnému kalkulačnímu modelu se může teoreticky lišit cena formy a projektu o nějakou hodnotu jak finanční, tak i časovou a hlavně se kalkulace liší v kontrolingu, testování a doplňkových vícepracích.
Obecně ale takto koncipovaný výpočet dokáže naznačit, jak se bude měnit cena formy v rámci kvality a jak se bude měnit cena výlisku a jaké faktory to budou ovlivňovat.

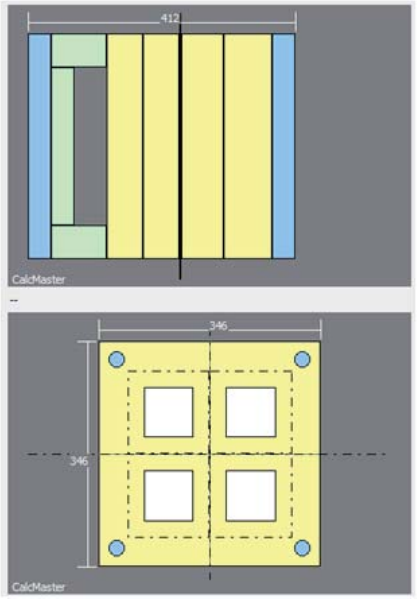


Abychom dokázali vypočítat cenu výlisku, musíme zkalkulovat také délku cyklu. Determinující pro délku cyklu bude tloušťka stěny přes žebra – nožičky,na obrázku označeno červenými šipkami. Tam je prochlazovaný materiál o tloušťce 2,8mm. Zkusíme se tedy podívat i na hodnotu chlazení a to, jak se s tímto dá výrobou – a tedy cenou formy- ovlivnit cyklus.

1. Standardní kalkulace
s přednastavenými hodnotami

Systém v základu na takto definovaný díl kalkuluje určité věci, které není možné předem predikovat, a proto jsou standardně nastaveny jako tzv. „bezpečné" parametry, které většinou přesahují potřeby požadavky výroby. Většina firem má tendenci tyto kalkulace snižovat. Patří sem mimo jiné výroba dutin v kategorii přesné rozměry. Naopak parametr chlazení, který vstupuje do výpočtu, se kalkuluje s horší variantou provedení chlazení. Automatické vstupy jsou tedy kalkulovány na zhoršené podmínky.

Mějme tedy přesnější parametry, než je nutné pro tento druh výlisku, standardní chlazení, vložkované kalené tvary z materiálu 1.2344 a rám ze standardní oceli 1.1730. Rám s vyšším koeficientem bezpečnosti má pro takovouto kalkulaci rozměry 346x346x412 a bude vážit cca 350 kg.



Rozteče mezi výlisky jsou předimenzovaných a pro dlouhodobou stabilitu formy vynikajících 50 mm. Je zde hodně prostoru pro chlazení, místo na vyhazování a rám bude velmi stabilní, dlouhodobě bez deformací.

Takto koncipovaná forma je bez jakýchkoliv problémů vyrobitelná za 20.000 €. Toto číslo je cena formy, nikoliv cena projektu. Připočteme-li navíc optimalizace, měření a korekce (celkem cca 26hodin) pak vychází cena projektu na cca 20.999 € na vyladěnou perfektní formu.

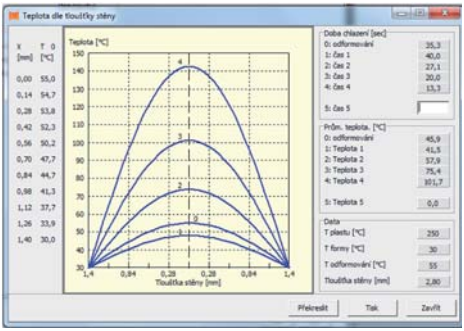
Cyklus u takto koncipované formy je stanoven při optimálních podmínkách pro PP. Tzn. teplota trysek 250°C teplota formy 30°C a teplota odformování je 55°C (uvnitř stěny). Při těchto doporučených parametrech výrobcem materiálu je cyklus stanoven na 36 vteřin.

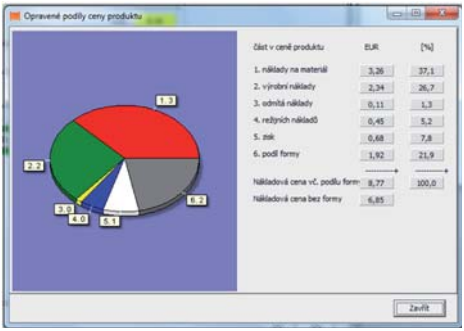
Ovšem při optimálních podmínkách pro PS – tedy 230°C trysky, 40°C forma a 65°C teplota vyhození výlisku – opět hodnoty doporučované výrobcem materiálu je cyklus stanoven na 27 vteřin.

Vzhledem k mechanickým vlastnostem a tloušťce stěny byl po konzultaci zvolen materiál PS, který zkracuje cyklus o cca 10sec, což je velmi zajímavá hodnota a to hlavně cenově.Příklad změny materiálu zároveň názorně ukazuje,že i správná volba vstřikovacího materiálu,ovšem vždy ve vztahu k požadovaným vlastnostem výstřiků,má výrazný ekonomický efekt.

Ekonomický počet dutin pro jeden milion výlisků při nutnosti vyrobit 500.000 ks za jeden rok (špička výrobnosti) jsou 4 dutiny.

Nicméně pohled na koláčový graf podílu ukazující podíl formy přesahují 23% při takovéto výrobnosti, naznačuje, že něco „nebude zcela v pořádku" ve standardním formařském prostředí. Cena výlisku bez podílu formy by byla cca 6,9€/100ks. Při započtené amortizaci formy pak je cena výlisku 8,9€/100.





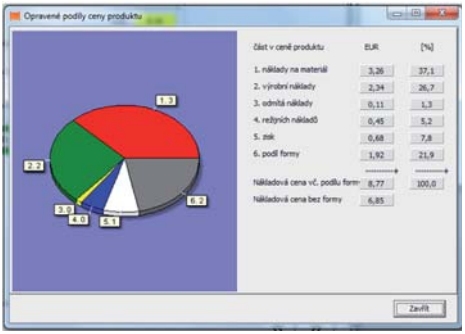
Obrázek 1 podíl ceny formy pro kalkulaci 1

2. Upravená kalkulace na „českou nástrojárnu"

Změníme požadavky do kalkulace na normální tolerance, bez zbytečné přesnosti. Povrch bude leštěný Rz<=1µm. Rozteče mezi jádry dáme na dlouhodobě bezpečných 30 mm, z čehož nám vyjde rám 296x296x364 o váze cca 300 kg.

V tu chvíli vyšla cena formy relativně hezkých 18.600€. Cena za projekt, včetně ladění, testování a dotahování (cca 22 hodin) pak je cca 19.100 €.

S takto koncipovanou formou a stejnými vstřikovacími parametry, bude cena výlisku, bez podílu formy 6,85 €/100 ks a cena výlisků včetně ceny formy 8,77 €/100 ks.



Obrázek 1 podíl ceny formy pro kalkulaci 1

3. Upravená kalkulace na „východní nabídku“

Ovšem jak známo cena formy není nikdy dost nízká a proto zkusíme cenu ještě snížit. Jádra a dutiny nebudou kalené, ale z materiálu 1.1730, (ano, autor příspěvku ví, že je to nesmysl, ale i takové formy jsou na našem trhu), tedy bez tepelné úpravy a rozteče mezi výlisky snížíme pro kalkulaci na 20 mm. Tzn. dostaneme rám s roztečemi 246x246x364. Váha bude cca pouhých 260 kg.

Cena takto koncipované formy bude pouhých 16.000 €, což je cena, nad kterou mnohý manažer zajásá. Cena za projekt se nebude navyšovat, protože testování a ladění se u takových forem neřeší.

Všem technikům je jasné, že takto koncipovaná forma nebude dlouhodobě fungovat a na údržbě prodělá lisovna velké peníze.

Další problém je, že na takto malý rám je nutné zmenšit rozteče mezi vložkami, protože jinak by zasahovali do sloupků. Rozměrová stabilita formy se velmi sníží, torzní pnutí v materiálu naroste a tím se dále zvedá potřeba údržby.

Ale cena finálního výlisku se ovšem pohnula při takto levné formě na hodnotu 6,85 €/100 ks bez ceny formy a s rozpočítanou cenou formy se pak cena výlisku ustálila na hodnotě 8,65 €/100 ks

Ovšem:
Vyplatí se takto koncipovaná forma a jaký bude mít vliv cena formy na cenu výlisku?

Resume z kalkulace ceny formy

Máme tři ceny na formu – viz tabulka.

Forma	Cena formy	Ceny výlisku
TOP kvalita, oversize forma, která se nebude deformovat, dlouhodobá životnost, dlouhodobá životnost, minimalizované náklady na údržbu	21 000 €	0,089 €/ks
Standardní provedení, solidní kvalita, menší forma, nutná kvalitnější údržba	18 600 €	0,0877 €/ks
Nejlevnější forma, měkké tvary, bez garance životnosti, jedním slovem – noční můra údržby	16 000 €	0,0865 €/1ks

Jak je vidět v tabulce, „úspora“ 5.000 € na formě se projevila v ceně výlisku na třetím desetinném místě. Jinak řešeno, takto koncipované úspora se projeví „snížením“ ceny o 0,0025 € na jeden kus – tzn o 0,067 Kč.
Ještě jinak řečeno – abychom ušetřily 6haléřů na jednom kuse, bude mít lisovna extrémně vysoké náklady na údržbu a bude mít velký problém dostat formu do cyklu, natož pak dlouhodobě.
Zatímco v případě první verze se bude údržba jasně pohybovat v mezích preventivní varianty, druhá bude pravděpodobně také v mezích preventivní varianty, tak třetí kalkulovaná forma bude zcela jasně v mantinelech reaktivní údržby. Případové studie ukazují na více jak 10ti násobný rozdíl v nákladech mezi preventivní a reaktivní údržbou. Navíc v případě třetího provedení formy bude mnohonásobně častěji nutné oprava a údržba. Z praxe jsou známy případy, kdy se laserově dodělával kompletní kalený povrch za cenu dosahující celková nákupní hodnoty formy.

Kalkulace ceny formy s optimalizací ceny výlisku

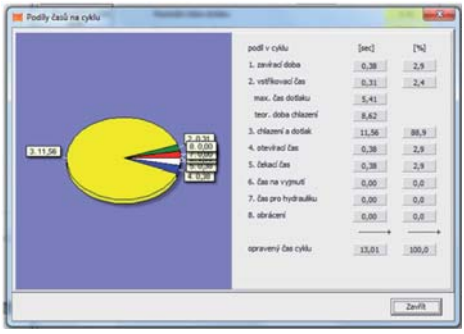
Vyjdeme ze střední varianty ceny formy a zkusíme zoptimalizovat jak cenu formy, tak hlavně cenu výlisku. Formu necháme o velikosti 296x296x364 – tzn. cca 300 kg těžká forma.

S nástrojárnou se bude smlouvat o cyklu – tzn., přibude časová hodnota na výrobě chlazení. Místa je díky rozteči mezi výlisky dost a je možné dostat do formy kvalitní chlazení, jak do tvaru, tak i okolo tvaru.

Tvar bude celý obráběný, a leštěný, přidáme jednu směnu na zkušební lisování a optimalizaci a provedeme MF analýzu. Cena formy se změní na 19.499,-€/cena za projekt.

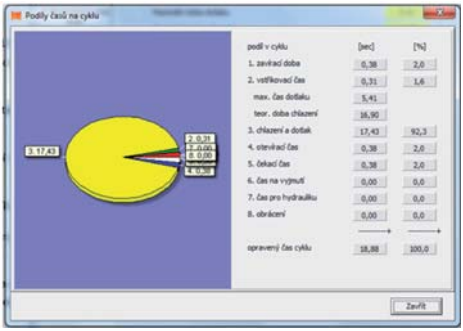
Takto koncipovanou formu je možné provozovat při rychlém cyklu. V tu chvíli se změní doba cyklu z 27sec na hodnotu 25sec. Tedy úspora na standardním a rychlém cyklu je 2 vteřiny, což jak bude vidět ve finální porovnávací tabulce je zajímavé.

Jak je vidět na grafu podílu jednotlivých fází vstřikování, největší slabina celého cyklu je prochlazování největší tloušťky stěny 2,8mm. Pokud by tedy klient povolil snížit prochlazovanou tloušťku 2,8mm na 2mm (buď zahloubením protikusu, nebo zkrácení žebra na čtvercové nožičky kvůli deformacím) pak by mohl teoretický cyklus dosahovat cca 17 vteřin.



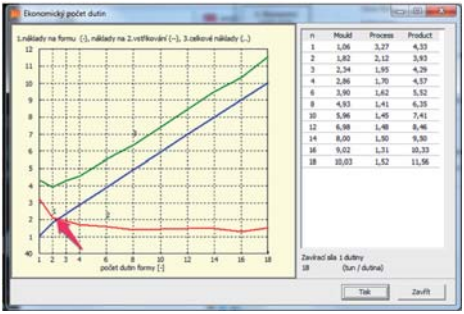
Pokud klient nepovolí změnu tvaru, pak je možné zkusit jiné vyhazovací parametry – což je věc, která se v praxi běžně děje. Dáme teplotu odformování na 90°C a v tuto chvíli je cyklus – i s prochlazovanou stěnou 2,8mm na hodnotě 18,8 vteřiny. Takto koncipovaný cyklus nelze garantovat. Zkušenost říká, že je možné vyhodit výlisek při takto nastavené teplotní hodnotě ve středu stěny, ale nelze zaručit deformace. Proto není možné tuto hodnotu garantovat a NEMĚLA by vstupovat do cenové kalkulace.

Pokud se změní hodnota teploty vyhazování na 90°C – pak bude cyklus 19 vteřin. V tuto chvíli už je nutná kvalitní forma, kvůli dobrému odvodu tepla, minimální deformaci a garanci vyhození.

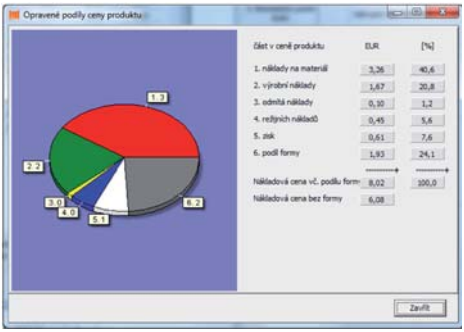


Obrázek 3 varianta 18 vteřin vsřikovací cyklus - podíl časů

Nicméně pokud by se podařilo dosáhnout tohoto cyklu při těchto parametrech (a teoreticky lze, a kalkulace formy je na to stavěná), pak by byla efektivita formy tzn. optimální násobnost – viz následující graf cca3,6 dutin. Tento graf neříká, že tento počet výlisků nelze vyrobit s menším počtem dutin, ale že optimální cena výlisku bude z 4dutinové formy.



Cena výlisku pak bude při takto koncipované formě 8,02€/100ks tedy 0,0802€ za jeden kus.



Jak je vidět, podíl nákladů na 100kusů výlisků je - viz následující graf. S cenou materiálu pohnout nelze – jedině v případě, kdy by se snížila největší tloušťka stěny. Cena formy vstupuje do kalkulace ceny výlisku 24% při garantovaných vlastnostech. Co je ovšem možné a doporučené je optimalizovat výrobní náklady – tzn. 20% ceny, kterými vstupuje cyklus a náklady na stroj. 1,2% zmetkovitosti je také vysoké číslo a dá se snižovat.

Forma	Cyklus	Ceny výlisku
Cyklus pro rychlý běh formy, 2,8 mm největší tloušťka	25 vteřin	0,089 €/ks
Cyklus pro rychlý běh formy, rovnoměrná tloušťka stěny 2 mm	17 vteřin	0,0785 €/ks
Cyklus pro rychlý běh formy, 2,8 mm největší tloušťka, zvednutá hodnota teploty vyhazování na 90°C	18 vteřin	0,083 €/1ks
Cyklus pro rychlý běh formy, rovnoměrná tloušťka stěny 2 mm, zvednutá hodnota teploty vyhazování na 90°C	13 vteřin	0,0748 €/1ks

Jak je vidět z této tabulky, je lepší připlatit za formu a zagarantovat rychlý cyklus. V tu chvíli se dostává vstřikovna na cenu výlisku odpovídající nejlevnější formě, při garantovaných vlastnostech. Rozumná a pravděpodobná varianta bude rychlý běh, a zvednutá teplota vyhazování, která dále snižuje cenu výlisku.Při optimalizaci technologie je možné dosáhnout úspory na jednom výlisku cca 0,006 EUR/ks tedy 0,162 Kč/výstřik.

Další možné změny, jak urychlit cyklus je použití zažehlovaných trysek, které zvyšuje rychlost plnění a snižuje deformaci výlisku.

Ovšem v tomto případě je největší možná změna ceny výlisku směrem dolů úprava na tvaru a eliminace největší prochlazované stěny s tloušťkou 2,8mm. Optimální varianta je tedy snížit teplotu prochlazované části a navíc zvednout teplotu vyhazování. Na takto koncipované formě se dá ušetřit při výrobě nejvíce.

Tento jednoduchý výpočet zabral v sytému CalcMaster cca 30 minut. Za tu dobu byly zkalkulovány 3 varianty a jedna z nich byla optimalizována z hlediska chlazení, výroby a ladění parametrů.

Ekonomický tip: **při plně elektrického stroje JSW pro dosažení rychlých cyklů je zde navíc výrazná úspora na spotřebě elektrické energie!**

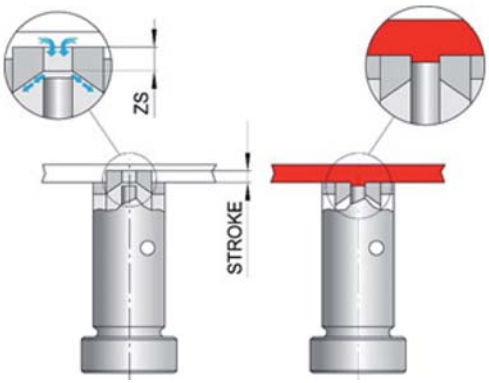
Odvzdušnění forem: přínos dynamických ventilů

Slabé odvzdušnění formy může významně ovlivnit kvalitu výroby a dramaticky redukovat rentabilitu a životnost formy. To potom vede jak ke značnému ovlivnění kvality výroby, tak k ovlivnění estetických a funkčních vlastností. Odvzdušnění vede nejen k výrobě nekvalitních dílů, ale může vystavit riziku i vlastní formu: chemické působení zachycených plynů při vysokých teplotách může naleptávat ocel v těchto místech. Během provozu dochází ke znečištění odvzdušňovacích kanálků a jejich ucpávání po určité době činnosti. Čištěním odvzdušňovacích kanálků se obecně zajišťuje stálá kvalita vyrobených dílů a chrání forma.

Dynamický odvzdušňovací ventil SGD je inovačním řešením, které pomáhá odstraňovat efekty spojené s nedostatečným odvzdušněním dutin – tzv. „diesel efekt". Ventil SGD je založen na jednoduchém mechanickém systému, který **umožňuje únik plynu z dutiny, a který se automaticky uzavírá pod tlakem toku plastu**.

Odvzdušňovací systém a jeho činnost

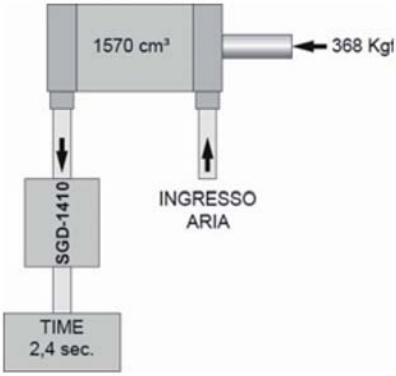
Vnitřní geometrie ventilu SGD vytváří **drážku pro odvod vzduchu** mezi centrálním čepem a kluzným prvkem ventilu. Tlak toku plastu překoná sílu vnitřní pružiny předtím a uzavře vzduchový odváděcí kanál dříve než plast naplní bezpečnostní zónu "ZS". Správné nastavení rozměru "ZS", pružiny a odvzdušňovacího otvoru zajišťuje spolehlivou činnost ventilu.

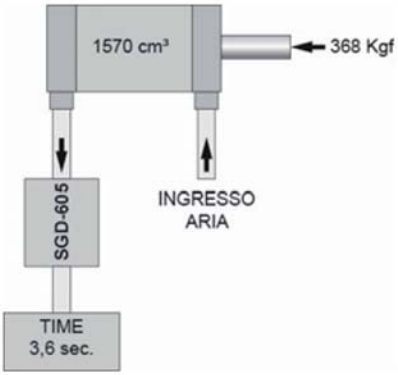


[1]Pozn. překladatele: Odpovídá 1 kilopondu, zastaralá jednotka neplatná v používaném mezinárodním systému jednotek SI

Odvzdušňovací otvor ventilu se mění v rozsahu mezi jedním až třemi čtverečnými milimetry podle typu ventilu SGD. Na obrázku uvedeném níže jsou zobrazeny výsledky testu stanovení objemu odvzdušnění ventily SGD. Test ověřuje dobu potřebnou k vyprázdnění komory pneumatického válce pro případ, kdy ventil SGD je umístěn ve výstupním otvoru:

- Objem vzduchu: 1570 cm³
- Síla: 368 Kgf[1]
- Doba odvzdušnění:
  > SGD-14 : 2,4 sekund
  > SGD-6 : 3,6 sekund

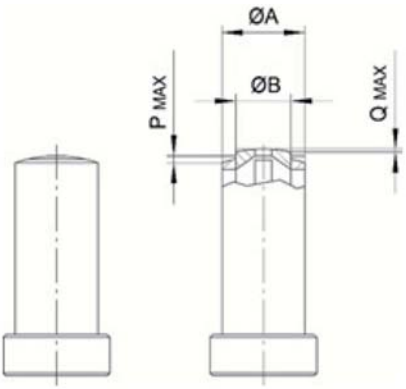


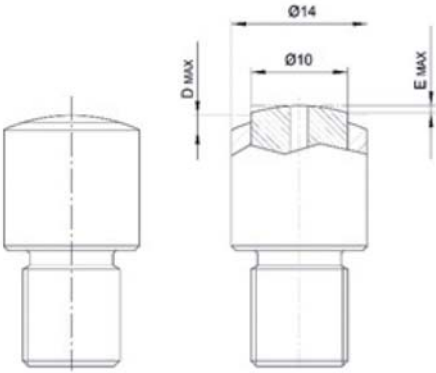


Díky značnému objemu odvzdušnění se dramaticky snižuje protitlak vzduchu uvnitř dutiny, což umožňuje modifikovat parametry vstřikování a vylepšuje strukturu plnění.

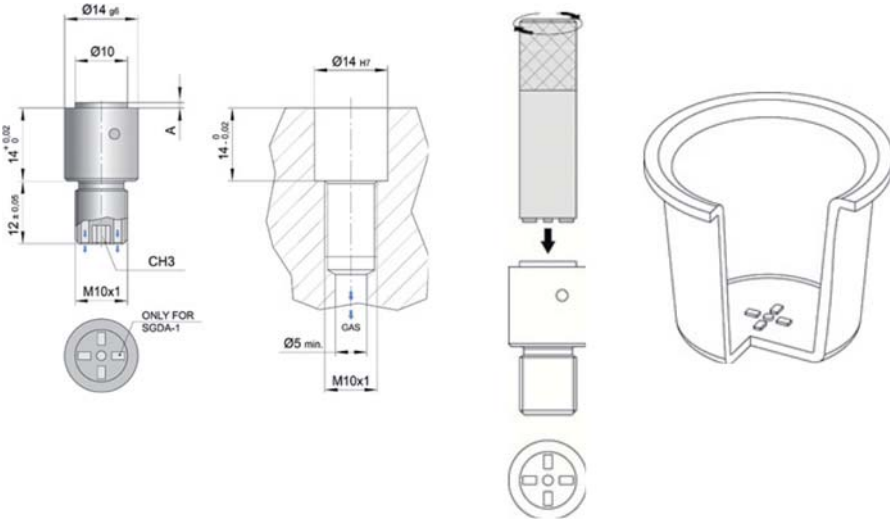
Geometrie a použití ventilů SGD

Design ventilů SGD umožňuje jeho umístění do dutiny formy v nejvhodnějším místě a to bez přetoku, který byl nutný u předchozí generace. Všechny modely ventilů SGD lze obrábět tak, aby se přizpůsobili geometrii dutiny.

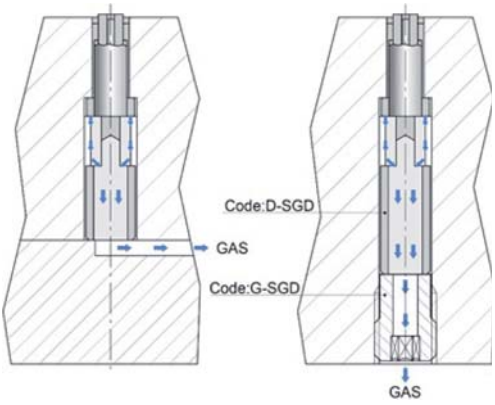




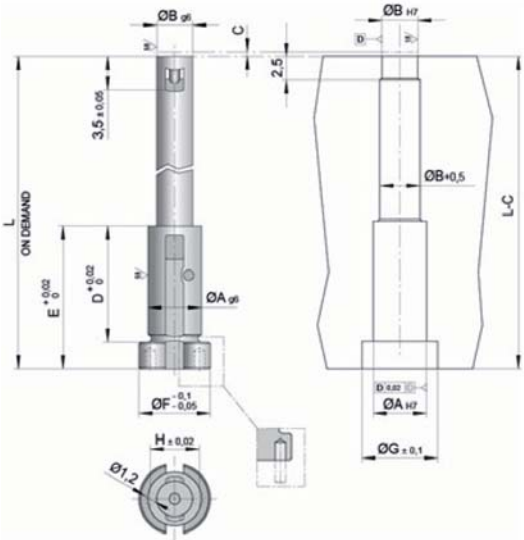
Design ventilů SGD-14.. umožňuje vkládání ventilu do dutiny se závitem. Ventil se našroubuje prostřednictvím hexagonu na zadní straně. Varianta ventilu SGDA-1410 lze aplikovat a demontovat kompletně ze stany dělící roviny, čímž se zjednodušuje aplikace a údržba.

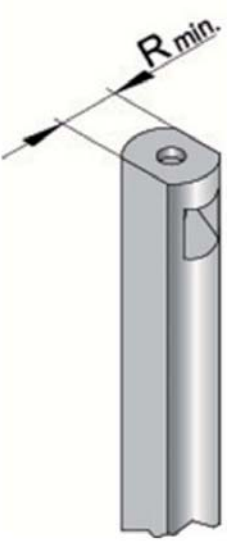


Ventil typu SGD-6.. se vkládá do formy formy ze zadní strany. Instalaci lze usnadnit použitím prodlužovače typu D-SGD a fixačního členu typu G-SGD. Prodlužovací i fixační člen je speciálně navržena pro odběr plynů z ventilu (interní dutina) směrem ke středovému otvoru, odkud je odváděn mimo geometrii formy. Prodlužovací člen je možné obrobit na míru, dle potřeby. Polohování rozpěrky vzhledem k ventilu se zajišťuje čepy. Fixační člen připevňuje prodlužovací část a fixuje ventil na požadované pozici.



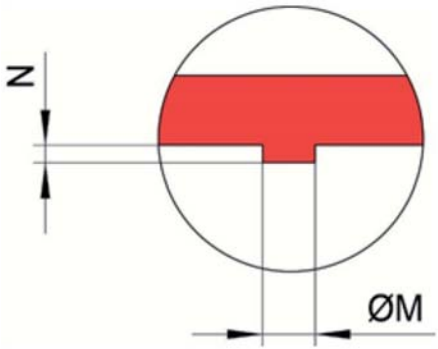
V případě limitovaného prostoru je doporučena aplikace verze ventilu typu SDL-6.. Tento ventil redukuje velikost zástavby v dutině na průměr 4 mm. Pokud je potřeba, lze zmenšit rozměry SGDL-6 až na průměr 3 mm.

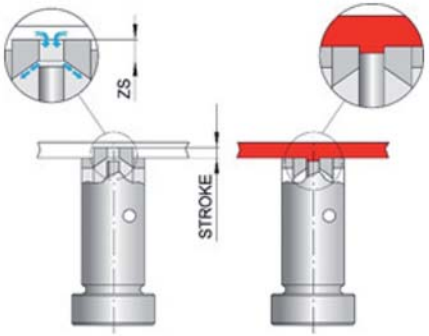




Stopy na vstřikovaném dílu

Podle velikosti zdvihu ventilu se na vstřikovaném dílu vytvoří malá stopa, definovaná výškou N. Pokud tloušťka vstřikovaného dílu umožňuje zdvihy 0.8 mm u ventilu SGD-6 a 1.5 mm u ventilu SGD-1415, stopa na dílu nevznikne. Tento malý přetok je bezpečností opatření, které zvedá těsnící plochu a minimalizuje nebezpečí zatečení plastu do ventilu. V nabídce je i verze bez přetoku. Nasazení tohoto ventilu konzultujte s techniky firmy SVOBODA.
Minimální zdvih u ventilu SGD-6 je 0.5 mm; v tomto případě rozměr "N" bude 0.3 mm.
Minimální zdvih u ventilu SGD-14 je 1 mm; v tomto případě rozměr "N" bude 0.5 mm.

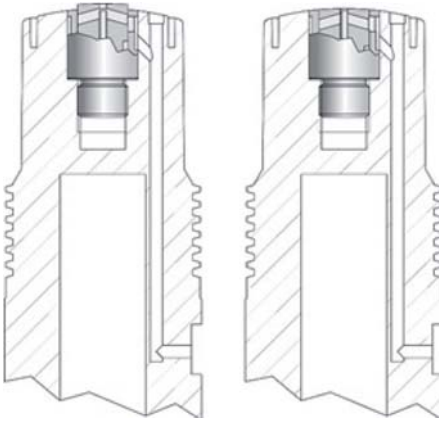


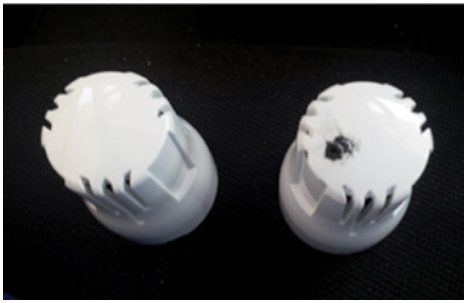


Case study: ovladač na radiátoru

Z důvodu estetických požadavků na výlisek bylo nutné provést vstřikování ovladače na radiátoru ze strany. Kvůli struktuře plnění ovšem u tohoto výstřiku vzniká problém s uzavřeným vzduchem na horní (pohledová části) výstřiku., Tento vzduch je velmi obtížné odvést standardní cestou a vytváří černá, spálená místa a povrchu.

Při použití speciálně navrženého ventilu SGD, bylo možné optimalizovat odvzdušnění dutiny a dosáhnout stálé vysoké kvality při výrobě, při vynikajícím cyklovém čase.





Parametry vstřikování bez ventilu SGD

- **Vstřikovaný materiál: ABS**
- **Parametry vstřikování od 0 do 90 % naplnění dílu:**
  - **> Rychlost: 9 %**
  - **> Tlak: 50 %**
- **Parametry vstřikování od 90 do 100 % naplnění dílu:**
  - **> Rychlost 10 %**
  - **> Tlak 100 %**
  - **> Dotlak: 100 %**
- **Doba plnění: 12 sekund**
- **100% zmetkovitost: stopy spálení – malé granule – viditelné spoje (rychlost vstřikování je příliš malá a stále dochází k diesel efektu)**

Parametry vstřikování s ventilem SGD

- **Vstřikovaný materiál: ABS**
- **Parametry vstřikování:**
  - **> Rychlost: 60 % (nedochází ke vzniku stop spálenin 80%)**
  - **> Tlak: 60 %**
  - **> Dotlak: 80 %**
- **Doba plnění: 1,6 - 1,9 sekund**
- **Díly: bez problémů**
- **Doba plnění: 1,.6 – 1,9 sekund**
- **Vyhovující díly**

Resume: Aplikací odvzdušňovacího ventilu SGD byla zkrácena doba vstřikování z 12 vteřin na 1,9 vteřiny, tedy o zajímavých 84 %. Přestalo docházet k diesel efektu a přestali se vyrábět zmetky.

Case study: automobilní mřížka

Geometrie vstřikovaného dílu a estetické nároky vyžadují vyplnění dutiny co nejrychleji horkým materiálem plastu a zajistit tak formování materiálu. Protitlak vzduchu a zachycených plynů v dutině vytváří problémy při plnění a limituje rychlost vstřikování.

Z důvodu použití ventilu SGD-605 aplikovaným na koncové místo plnění bylo možné dramaticky redukovat protitlak vzduchu a dosáhnout následujících výsledků:

Parametry vstřikování bez ventilu SGD

- **Vstřikovaný materiál: PP/PE TD20**
- **Doba plnění: 7,5 sekund**
- **Vysoký procentuální odpad %**

- **Vstřikovaný materiál: PP/PE TD20**
- **Doba plnění: 5 sekund**
- **Odpad: - 70%**

Resume: Došlo ke zkrácení plnění ze 7,5 na 5 vteřin, tedy o 33 %. Došlo ke snížení zmetkovitosti o 70 %.

Další z podstatných přínosů aplikace odvzdušňovacích ventilů SGD je prodloužení intervalu údržby, z důvodu sníženého zanášení vyhazovačů, poškozování dělící roviny a omezení napalování materiálu na dutinu.

Krátkodobá zkouška obrobitelnosti metodou WEARRATE®

Jaroslava Fulemová[1], Jan Hnátík[1], ….

Anotace: S pojmem obrobitelnost, příp. řezivost se ve strojírenské praxi setkáváme velmi často. I přední výrobci řezných nástrojů používají své vlastní systémy pro relativní hodnocení jak obrobitelnosti, tak řezivosti. Tím určují, zda je daný materiál obrobku hůře či lépe obrobitelný v porovnání s jiným (obrobitelnost) nebo stanovují výkonnost břitu řezného nástroje při obrábění (řezivost). Stanovit obrobitelnost/řezivost lze dvěma základními zkouškami, a to krátkodobou a dlouhodobou. V tomto článku je provedena krátkodobá zkouška obrobitelnosti metodou WEARRATE®, pomocí níž je vzájemně porovnáno 6 druhů materiálu obrobku. K jednotlivým obráběným materiálům je stanoven Taylorův vztah a následně vypočtena řezná rychlost pro trvanlivost 60 min.

Klíčová slova: obrobitelnost, řezivost, frézování, krátkodobá zkouška, Taylorův vztah

1. Úvod

Obrobitelnost je technologická vlastnost materiálu obrobku určující snadnost či obtížnost jeho obrábění a je závislá na mnoha faktorech, z nichž nejvýznamnější jsou fyzikální a mechanické vlastnosti daného materiálu, ale i metoda obrábění, pracovní prostředí, geometrie nástroje, apod. Z hlediska třískového obrábění je obrobitelnost tou stěžejní vlastností, která ovlivňuje volbu řezných podmínek.
Během obrábění je nutné měřit, příp. sledovat určitou veličinu, pomocí které bude možné absolutně či relativně vyjádřit obrobitelnost. Sledovanou veličinou může být:

a) otupování břitu (trvanlivost břitu)
b) řezné síly a momenty
c) teplota řezání
d) kvalita obrobeného povrchu (nejčastěji drsnost)
e) tvar vznikající třísky
f) další specifická kritéria (např. chvění, deformace soustavy S-N-O, apod.)

Absolutně hodnotit obrobitelnost znamená vytvořit funkční vztah mezi parametry obrábění (např. Taylorův vztah) nebo definovat velikost veličiny charakterizující obrábění (např. řezné síly, řezné teploty, drsnost obrobeného povrchu, apod.). Při relativním porovnání získáváme bezrozměrné číslo vzniklé porovnáním určitých veličin (např. v_c, f_z, a_p, a_e). [1], [2]
Další posuzovanou vlastností je řezivost, která neoddělitelně souvisí s obrobitelností, neboť řada kritérií obrobitelnosti je současně kritérii řezivosti [2]. Pojem řezivost však vztahujeme k břitu řezného nástroje.

[1] Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Regionální Technologický Institut, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, fulemova@rti.zcu.cz; jhnatik@rti.zcu.cz

1.1 Druhy zkoušek obrobitelnosti

Z hlediska časové náročnosti rozeznáváme dva druhy zkoušek, a to dlouhodobé a krátkodobé. Dlouhodobé se provádějí za podmínek odpovídajících budoucímu provoznímu použití. Výhodou je vysoká spolehlivost výsledků, avšak jedná se o velmi časově a finančně náročné zkoušky. Krátkodobé zkoušky jsou určeny pro rychlé a dostatečně přesné srovnání obrobitelnosti. Naměřené výsledky jsou však zatíženy nižší věrohodností.

Nejčastěji voleným kritériem pro hodnocení obrobitelnosti je intenzita otupování břitu. Přímým měřením opotřebení řezného břitu v závislosti na proměnné řezné rychlosti je možné získat jednoduchý nebo rozšířený Taylorův vztah. [1], [2]

Jednoduchý Taylorův vztah:

$$T = \frac{c_{Tv}}{v_c^m} \quad [1]$$

Rozšířený Taylorův vztah:

$$T = \frac{c_{Tvaf}}{v_c^m \times a_p^n \times f_{ot}^o} \quad [2]$$

kde:

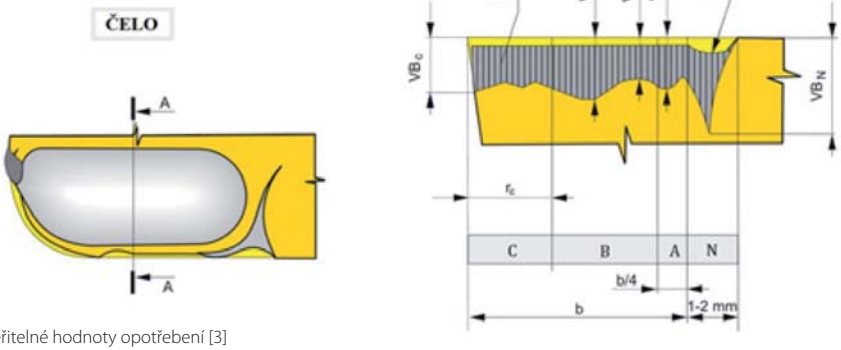
- T… trvanlivost břitu [min]
- v_c… řezná rychlost [m/min]
- cT_v… Taylorova konstanta
- m… exponent, směrnice přímky k ose v_c
- a_p… hloubka řezu [mm]
- f_{ot}… otáčkový posuv [mm]

Konstanta **cT_v** je teoretickou trvanlivostí řezného břitu při řezné rychlosti 1m/min a je ovlivněna druhem řezného materiálu. Exponent **m** je ovlivněn aktuálním rozsahem řezné rychlosti a také druhem řezného materiálu. Trvanlivost řezného břitu **T** je dána časem řezání v minutách, což je čas, po který je břit schopen obrábět od nového stavu (nový řezný břit) až do stavu otupení. Nejvýraznější vliv na trvanlivost má řezná rychlost **v_c** (s rostoucí **v_c** klesá **T**), proto $T = f(v_c)$. [1]

2. Opotřebení břitu řezného nástroje

Při třískovém obrábění dochází vlivem mechanických a chemických procesů k opotřebení řezného břitu nástroje. Z hlediska zajištění požadovaných rozměrů a kvalitativních vlastností obrobené plochy je nutné sledovat nejen způsob, ale též velikost opotřebení řezného břitu. Velikost opotřebení naměřená na hřbetě, příp. čele nástroje je parametr, který určuje trvanlivost nástroje. Právě trvanlivost nástroje je optimalizační veličinou pomocí níž se stanovují vhodné řezné podmínky pro nástroj s ohledem na:

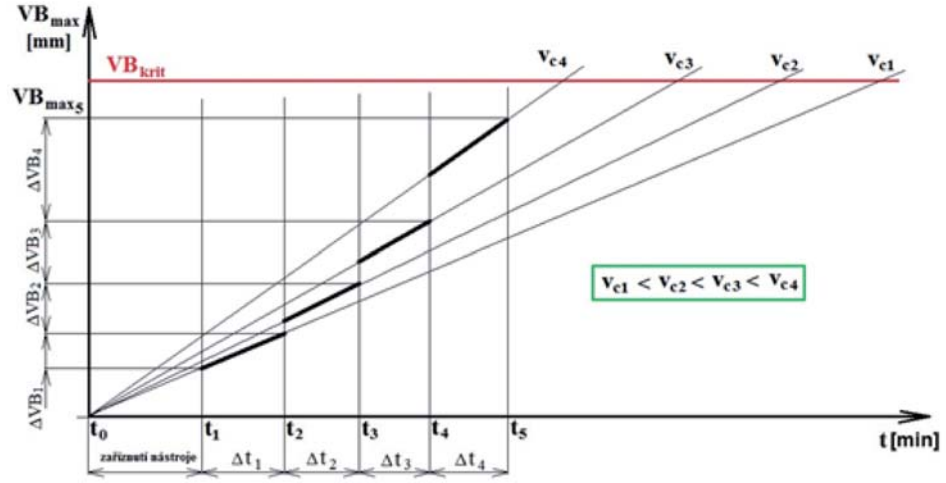
- **dosažení minimálních nákladů na obrábění,**
- **dosažení minimálního času obrábění,**
- **dosažení maximálního zisku za časovou jednotku. [1]**



Obr. 1: Měřitelné hodnoty opotřebení [3]

2.1 Metoda WEARRATE®

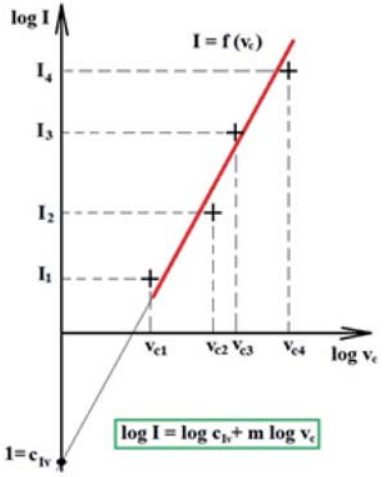
Pro porovnání jednotlivých materiálů byla použita krátkodobá zkouška trvanlivosti metodou WEARRATE®.
Tato metoda je založena na principu postupného zvyšování řezné rychlosti (minimálně ve 4 stupních) přičemž je současně měřen nárůst opotřebení $\mathbf{\Delta VB_{max}}$ v závislosti na čase řezání **Δt** (viz obr. 2). Výhodou je malá spotřeba materiálu obrobku a možnost realizovat experiment s jedním nástrojem (jeden nástroj vždy pro jeden obráběný materiál). [1]



Obr. 2: Nárůst opotřebení ΔVBmax v závislosti na čase řezání Δt [1]

Podmínkou správného provedení krátkodobé zkoušky trvanlivosti je:

- **kvalitní ostří**
- **vhodná volba řezných podmínek**
- **lineární nárůst opotřebení hřbetu VB s časem řezání**



Obr. 3: Stanovení T-v závislosti dle intenzity opotřebení břitu [1]

Na základě dat získaných během obrábění je vyhodnocována intenzita opotřebení:

$$I = \frac{\Delta VB}{\Delta t}$$

Na základě dat získaných během obrábění je vyhodnocována intenzita opotřebení:

$$\frac{VB_{krit}}{I} = \frac{c_{Tv}}{v_c^m} \Rightarrow I = \frac{VB_{krit}}{c_{Tv}} \times v_c^m \quad [3]$$

kde: $$c_{Tv} = \frac{VB_{krit}}{c_{Iv}}$$

2.2 Význam zkoušek obrobitelnosti

Jak vyplývá z textu uvedeného výše zkoušky obrobitelnosti (nebo též řezivosti) jsou prováděny za účelem:

- **stanovení relevantní hranice kriteriálního opotřebení řezného břitu s ohledem na požadovaný rozměr a kvalitativní parametry obrobené plochy**
- **stanovení optimálních nebo produktivních řezných podmínek**
- **vzájemné porovnání různých druhů materiálů obrobků, případně porovnání s etalonovým materiálem z hlediska snadnosti či obtížnosti obrábění**
- **ověření případné změny stupně obrobitelnosti u jednotlivých dodávek stejného druhu materiálu, či materiálů z jednotlivých taveb a u nově vyvíjených materiálů**

Článek se zabývá porovnáním obrobitelnosti jednotlivých druhů materiálu obrobku z hlediska stanovení vhodné řezné rychlosti (kriteriální hodnota opotřebení $VB_{krit} = 0{,}15$ mm). Podmínky, za kterých bylo realizováno obrábění, a informace o použitém nástroji jsou uvedeny v následující kapitole.

3. Popis experimentu

Krátkodobá zkouška obrobitelnosti byla realizována na frézovacím centru s lineárními pohony DMU 40 eVo linear. Zkušební vzorky o rozměru 223x175x75 (d x š x v) byly upnuty do svěráku na pracovním stole obráběcího stroje. K obrábění byla použita válcová čelní fréza o průměru 10mm (viz obr. 4). Jedná se o nástroj vyrobený ze slinutého karbidu (sorta K30) s povlakem TiAlN. Počet zubů 4, úhel čela 5° a úhel stoupání šroubovice je 38°. Řezné podmínky jsou uvedeny v Tab. 1 a byly voleny s ohledem na data uvedená v materiálovém listu.

U všech testovaných materiálů byly z důvodu snadné porovnatelnosti výsledků voleny stejné hodnoty axiální hloubky řezu (4 mm), posuvu na zub (0,2 mm) a radiální hloubky řezu (0,5 mm). Radiální hloubka řezu je stanovena na poměrně malou hodnotu a to z několika důvodů. Jednak je to z důvodu úspory testovaného materiálu, neboť nedochází k tak velkému úběru materiálu obrobku.

Hlavním důvodem je ale především to, že moderní hrubovací strategie (např. iMachining) využívají při hrubování monolitními nástroji velkých axiálních hloubek řezu a zároveň využívají relativně nízké hodnoty radiální hloubky řezu. Použití takové strategie má výrazný pozitivní vliv nejen na produktivitu obrábění, ale také na životnost řezného nástroje. Řezné hrany jsou u monolitních nástrojů provedeny ve formě šroubovice a díky nastaveným podmínkám řezná hrana nástroje přichází do kontaktu s obráběným materiálem plynule. To má vliv na nízké silové zatížení nástroje.

Díky nízké hodnotě radiální hloubky řezu je také každá část řezné hrany v kontaktu s obrobkem krátkou dobu. Tepelné namáhání břitu řezného nástroje je tak nižší, než v případě klasické technologie a je tak možné použít vyšší řezné rychlosti, než jaké jsou běžně používány resp. doporučovány výrobci nástrojů. Tyto výhody jsou mimo jiné prokázány i výsledky, které jsou prezentovány v kapitole 4.

Jedinou proměnnou hodnotou tak byla řezná rychlost, která byla vždy volena jako nejvyšší hodnota z intervalu doporučeného v materiálovém listu.

Tab. 1: Řezné podmínky

v_c [m/min]	- proměnná -
f_z [mm]	0,2
a_p [mm]	0,2
a_e [mm]	0,2
způsob chlazení	vnější chlazení vzduchem
technologie	sousledné frézování

Obr. 4: Válcová čelní fréza deponovaná vrstvou TiAlN

Obrábění jednotlivých materiálů probíhalo v následujících krocích:

- **zaříznutí nástroje – probíhalo do okamžiku, dokud na hřbetu řezného břitu nebylo naměřeno min. 30 µm**
- **obrábění při zvolené řezné rychlosti po stanovený čas. Navyšování řezné rychlosti probíhalo vždy po dosažení určité hodnoty VBmax – nutnou podmínkou bylo navyšování intenzity opotřebení I**
- **ukončení testu v okamžiku dosažení nebo překročení VBkrit**

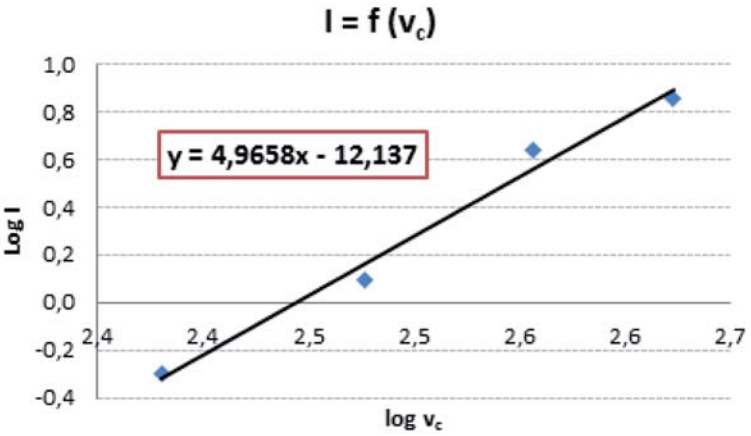
Článek se zabývá porovnáním obrobitelnosti jednotlivých druhů materiálu obrobku z hlediska stanovení vhodné řezné rychlosti (kriteriální hodnota opotřebení VB_{krit} = 0,15 mm). Podmínky, za kterých bylo realizováno obrábění, a informace o použitém nástroji jsou uvedeny v následující kapitole.

4. Vyhodnocení naměřených dat

Pro každý obráběný materiál byla vytvořena tabulka naměřených dat, která byla použita pro vyjádření jednoduchého Taylorova vztahu. V kapitole 4.1 je uveden vzorový příklad zpracování dat.

4.1 Stanovení Taylorova vztahu pro materiál MIRRAX

v_c	t_1 [min]	t_2 [min]	Δt [min]	VB_{max1}	VB_{max2}	ΔVB_{max}	I
240	0	2	2	0	40	40	-
240	2	12	10	40	45	5	0,5
300	12	20	8	45	55	10	1,25
360	20	28	8	55	90	35	4,375
420	28	35	7	90	140	50	7,143
480	35	37	2	140	320	180	90
Σ			**37**				



Graf 1: Vliv změny řezné rychlosti na intenzitu opotřebení

Z rovnice přímky byla stanovena hodnota exponentu **m** a dopočítána konstanta c_{Tv}. Taylorův vztah má tedy následující tvar:

$$T = \frac{1{,}92 \times 10^{14}}{v_c^{4{,}97}}$$

Z této rovnice je možné stanovit řeznou rychlost pro zvolenou trvanlivost. Pro T = 60min. je $v_c \approx 330$m/min .

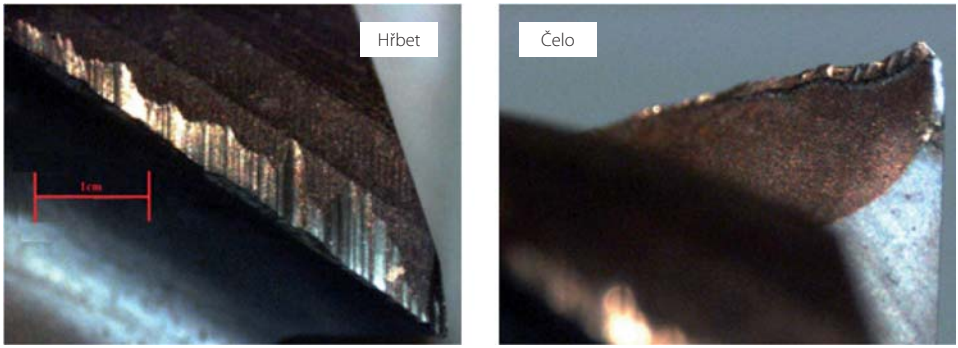
4.2 Zkouška obrobitelnosti materiálu UHB 11

Pro materiál s označením UHB 11 se v průběhu experimentu nepodařilo stanovit Taylorův vztah a z toho vyplývající řeznou rychlost. Důvodem byl nulový nárůst intenzity opotřebení při změně řezné rychlosti, viz tabulka 2. Poslední krok, při kterém došlo k navýšení řezné rychlosti na 750m/min, způsobil intenzivní abrazivní opotřebení řezného břitu až nad hranici kritéria. S ohledem na průběh opotřebení a stabilitu nástroje během obrábění lze predikovat, že pro T = 60 min se řezná rychlost bude pohybovat v intervalu od 440 do 550 m/min. Pro dosažení relevantních výsledků by bylo nutné zopakovat experiment s novým nástrojem a změnou řezné rychlosti v intervalu 600 – 750 m/min.

Tab. 2: Naměřená data při obrábění UHB 11

Poř. č.	v_c	t_1 [min]	t_2 [min]	Δt [min]	VB_{max1}	VB_{max2}	ΔVB_{max}	I
1	270	0	4	4	0	30	30	7,5
2	270	4	14	10	30	50	20	2
3	360	14	26	12	50	50	0	0
4	440	26	32	6	50	50	0	0
5	500	32	37	5	50	50	0	0
6	600	37	40	3	50	50	0	0
7	750	40	42	2	50	650	600	300
Σ				**42**				

Obr. 5: Opotřebení nástroje po $\Delta t = 2$ min a $v_c = 750$m/min – intenzivní abrazivní opotřebení



4.3 Stanovení Taylorova vztahu pro ostatní obráběné materiály a jejich vzájemné porovnání

Stejným způsobem byla získána data i pro ostatní obráběné materiály. V tabulce 3 je vždy uvedeno označení materiálu, stanoven Taylorův vztah a vypočtena řezná rychlost pro T = 60 min. Do Tab. 3 je zároveň připojena informace o rozsahu doporučené řezné rychlosti, která je uvedena v materiálovém listu příslušného materiálu obrobku. V materiálovém listu je zároveň uvedeno, že se jedná o orientační hodnoty, které musí být upraveny s ohledem na podmínky, za kterých bude obrábění realizováno, tj. stroj, nástroj, řezné prostředí, apod. Například nevhodně zvolené řezné prostředí může snížit trvanlivost nástroje až o polovinu. Konkrétně při frézování je, ve většině případů, použití chladicí kapaliny nevhodné. Chladicí kapalina způsobuje cyklicky se opakující tepelné šoky, které vedou ke vzniku hřebenovitých trhlin na řezném břitu a následnému vydrolení částí ostří. Krátkodobé zkoušky obrobitelnosti/řezivosti tedy nabízí rychlou možnost stanovit produktivní řezné podmínky pro konkrétní technologické podmínky.

Materiál	Taylorův vztah	v_c pro T = 60 min. [m/min]	Doporučená[1] v_c [m/min]
Nimax	0	160	80 - 150
Impax	2	200	80 - 150
Mirrax	12	330	160 - 240
Unimax	20	330	120 - 170
Stavax ESR	28	410	180 - 260
UHB 11	**nepodařilo se stanovit (kap. 4.2)** Předpokládaná hodnota 450 – 550		200 - 270

Z tabulky 3 je zároveň patrné, že výrobce obráběného materiálu považuje Unimax za hůře obrobitelný než materiál Mirrax (viz doporučené orientační vc). Z výsledků krátkodobého testu však vyplývá, že tyto materiály mají stejnou obrobitelnost. Materiál s nejhorší obrobitelností je NIMAX.

[1] Doporučená hodnota = orientační hodnota

5. Závěr

V tomto článku byla představena krátkodobá zkouška trvanlivosti metodou WEARRATE®, jako nástroj k velmi rychlému určení obrobitelnosti a stanovení řezné rychlosti pro konkrétní hodnotu **T** při hrubovacím frézování. K obrábění byla použita 4-břitá stopková fréza se zuby ve šroubovici, deponovaná vrstvou TiAlN a upnutá do Weldon upínače. K experimentům bylo použito 6 ks stejných nástrojů. Pro každý materiál obrobku byla stanovena řezná rychlost pro T = 60 min s VB_{krit} = 0,150 mm. Dle stanovené v_c je možné vzájemně porovnat obrobitelnost jednotlivých materiálů, tzn., že:

- **UHB 11 je materiál s nejlepší obrobitelností**
- **Nimax je materiál s nejhorší obrobitelností**
- **Mirrax a Unimax mají stejnou obrobitelnost, apod.**

Dále byly, pro jednotlivé materiály, stanoveny řezné rychlosti, které jsou v porovnání s doporučenými mnohem vyšší. Při obrábění bude tedy dosaženo mnohem vyšší produktivity, tzn., že bude snížen čas obrábění a s tím související náklady.

6. Použitá literatura

[1] ŘEHOŘ, J.: Experimentální metody obrábění. Podklady k přednášce z předmětu KTO/EMO. Plzeň. Západočeská Univerzita v Plzni, Fakutla Strojní, Katedra Technologie Obrábění.

[2] ČEP, R., HATALA, M., ORLOVSKÝ, I.: Metody zkoušek obrobitelnosti materiálů. (2009). Automobil Industry, roč. 5., č. 3, s. 52-55. ISSN 1802-5196.

[3] Pramet Tools, s.r.o., Příručka obrábění CZ 2004, s.86.[Cit.2016-04-18]. Dostupné z: http://www.isstechn.cz/objekty/

Deformácie plastových dielov

Príčiny deformácii

Deformácie sú výsledkom nerovnomerného zmrštenia výlisku vyvolaného:

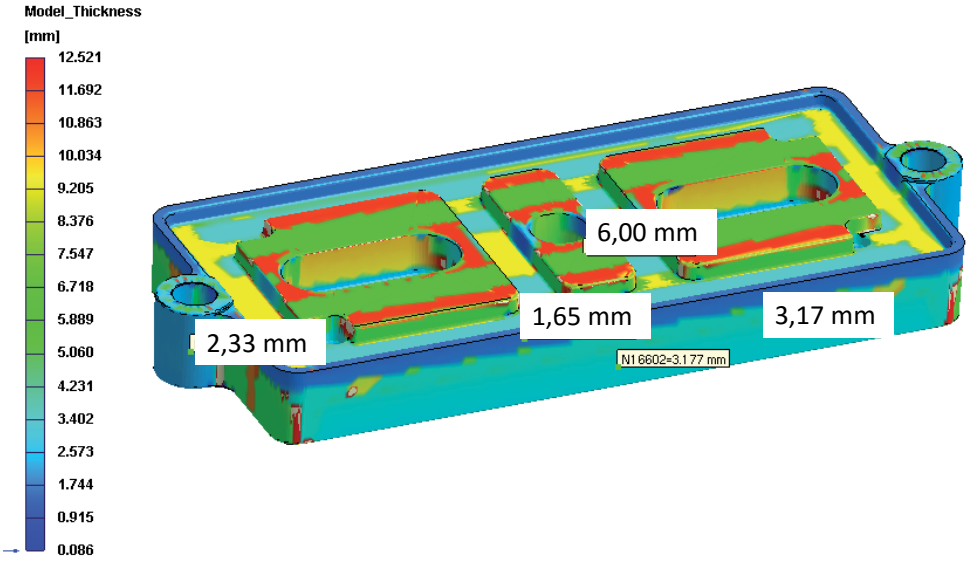
1. nehomogénnou teplotou výlisku
- **geometria dielu – rozdielna hrúbka stien**
- **nerovnomerné chladenie**

2. vplyvom orientácie sklenených vlákien

3. vplyvom rozloženia tlaku vo výlisku – pozícia vtoku

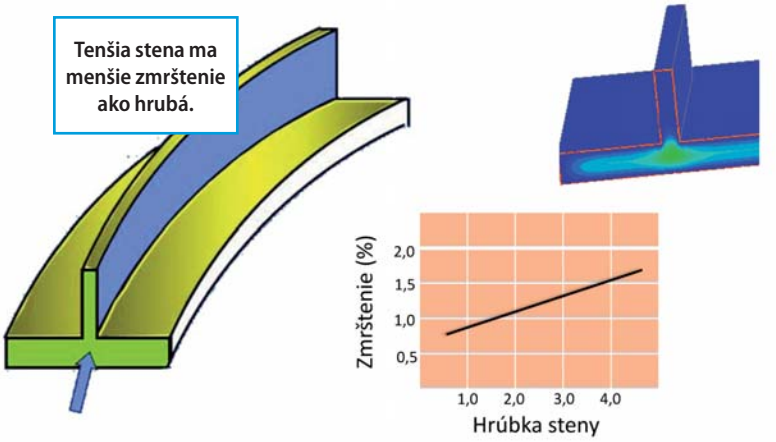
Geometria dielu rozdielna hrúbka stien

Nevhodný dizajn dielu



Jednoduchý diel s veľkým rozsahom hrúbok stien, nesprávny redizajn dielu z kovového na plastový výlisok.

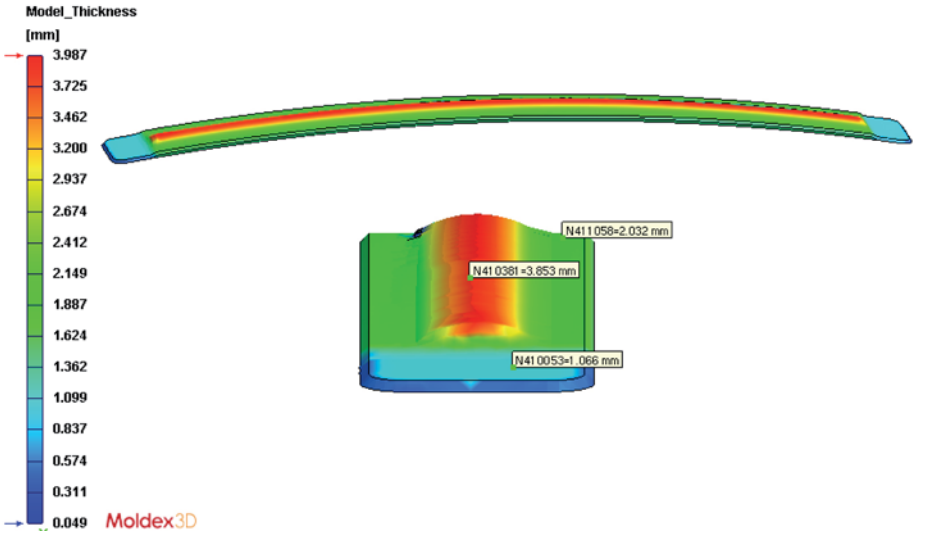
Vplyv hrúbky steny na zmrštenie



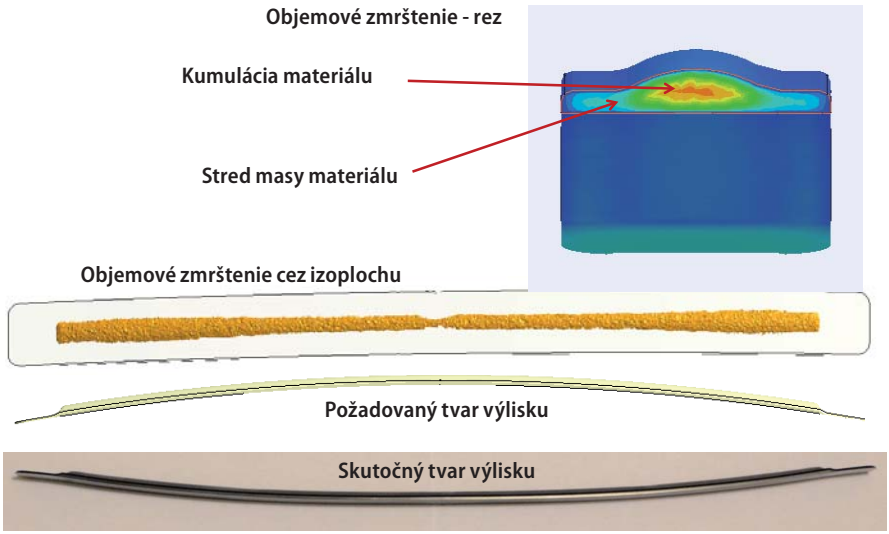
Príklad

Čo vplýva na deformáciu tohto dielu

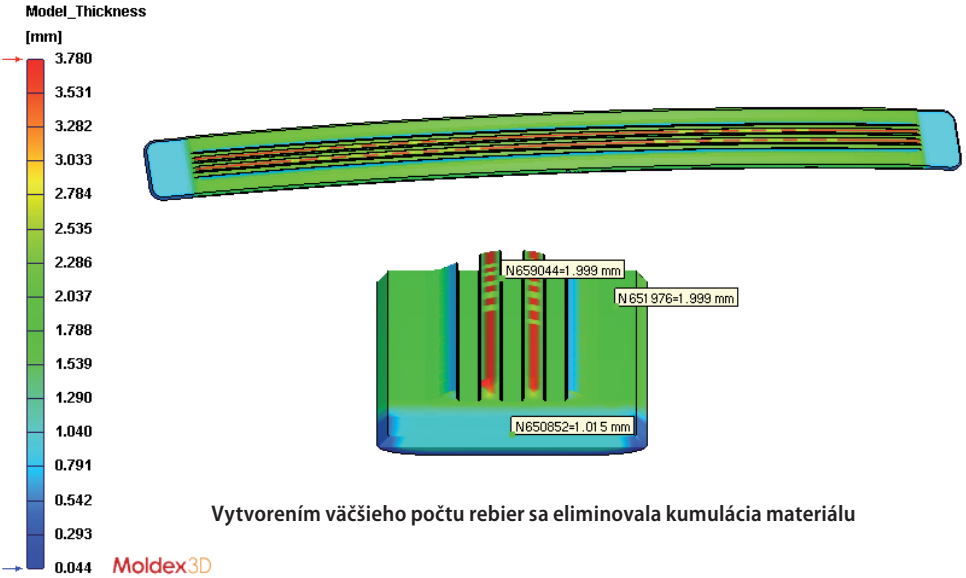
Hrúbka stien výlisku



Nahromadenie materiálu



Návrh úpravy dizajnu dielu

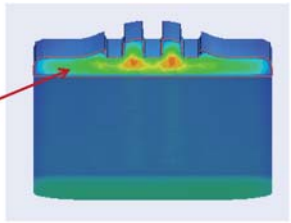


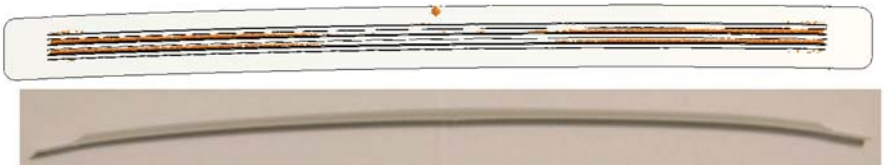
Vytvorením väčšieho počtu rebier sa eliminovala kumulácia materiálu

Odstránená kumulácia materiálu

Lokálna úprava designu na elimináciu kumulácie materiálu

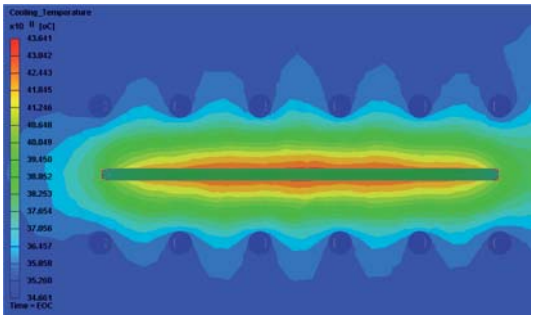
Stred masy materiálu



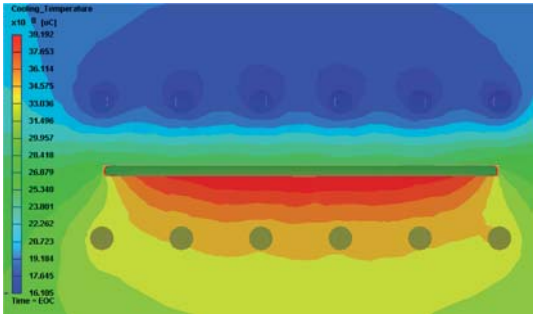


Nerovnomerné chladenie

Rozloženie teplôt vo forme



Horný aj dolný kanál majú teplotu 35 °C

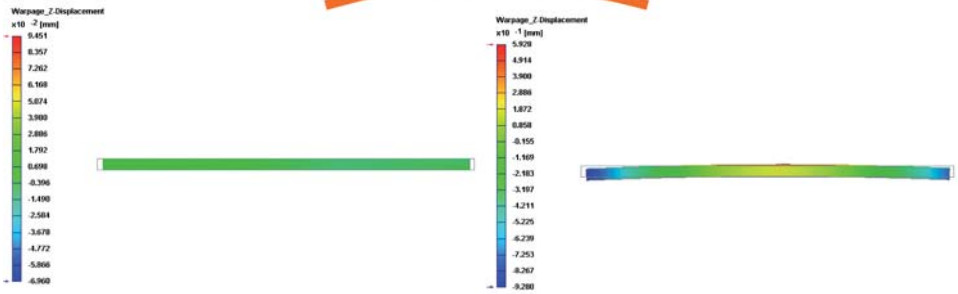


Horný kanál = 15 °C
Dolný kanál = 35 °C

Výsledná deformácia dielu

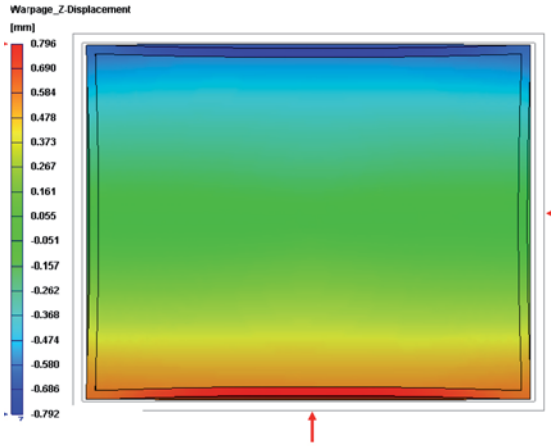
Horný aj dolný kanál majú teplotu 35 °C

Horný kanál 15 °C
Dolný kanál 35 °C

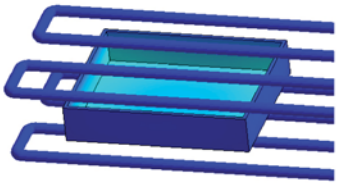


Jednoduché chladenie

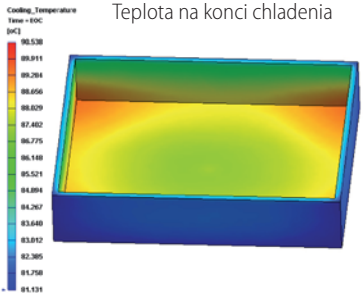
Chladiaca sústava



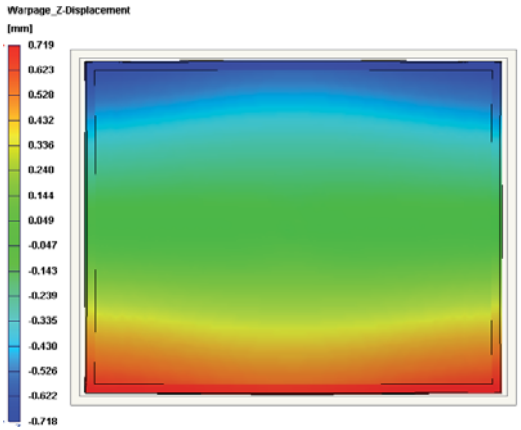
Deformácia dielu



Teplota na konci chladenia

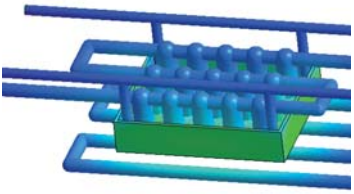


Dôsledné vychladenie jadra



Deformácia dielu

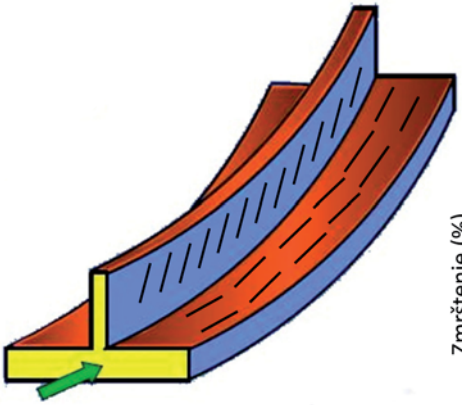
Chladiaca sústava

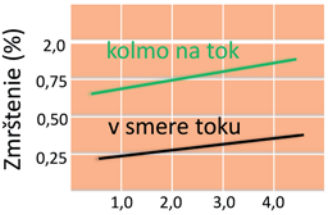


Teplota na konci chladenia

Vplyv orientácie sklenených vlákien

Vplyv orientácie vlákien na zmrštenie

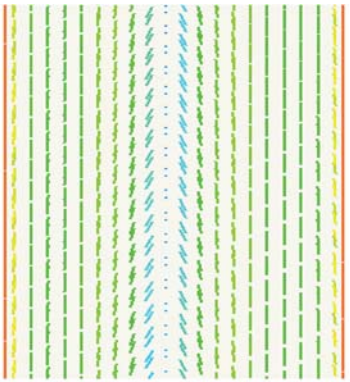


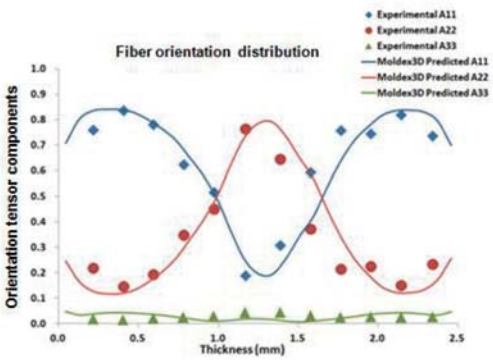


Hrúbka steny

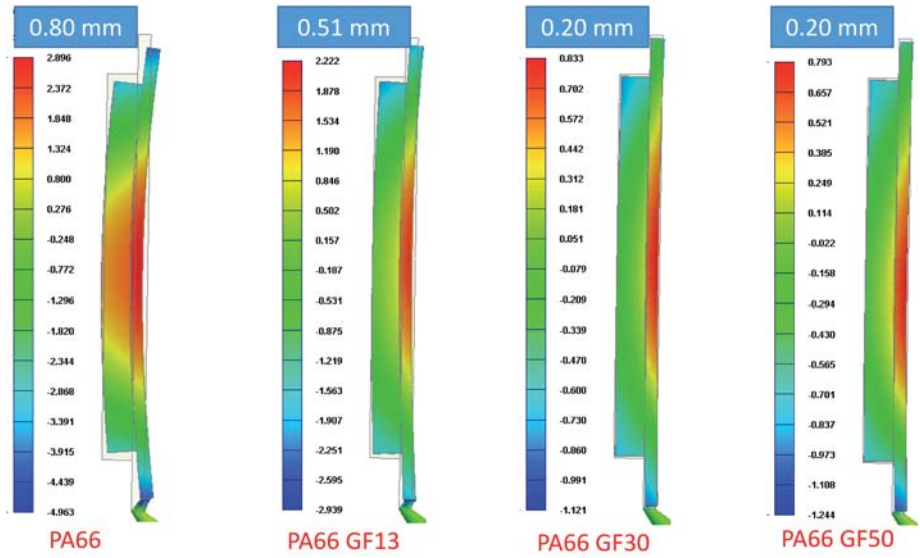
Orientácia vlákien v priereze steny

Orientácia vlákien v priereze



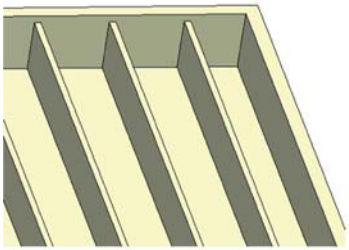


Vplyv podielu vlákien na deformáciu

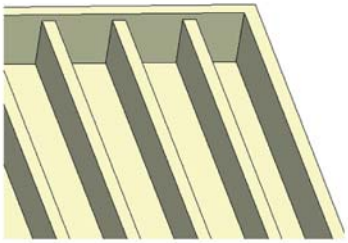


Vplyv hrúbky rebier na deformáciu materiálu bez a so sklenenými vláknami

Krabička s rôznou hrúbkou rebier

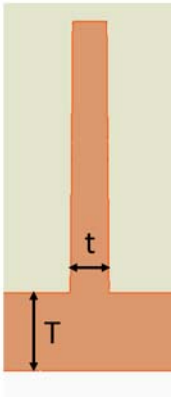


t/T =0,5

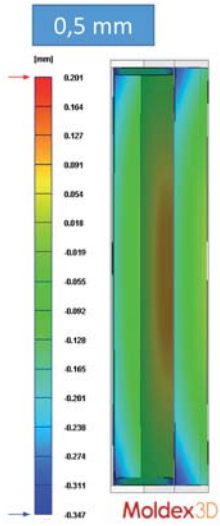


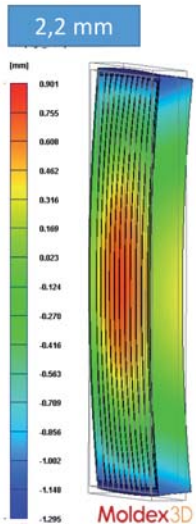
t/T =1,0

Pomer hrúbky rebra k hrúbke základnej steny t/T

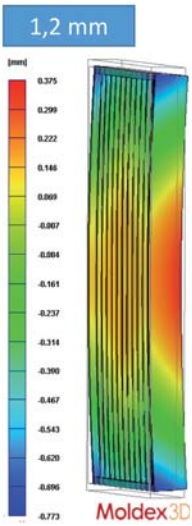


Vplyv hrúbky rebier na deformáciu materiál bez sklenených vlákien



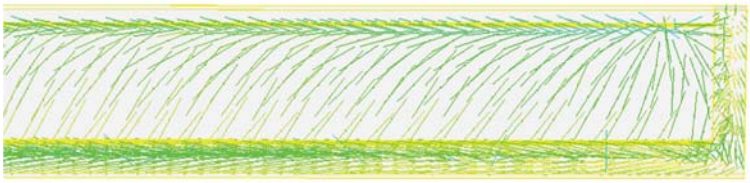


t/T =0,5

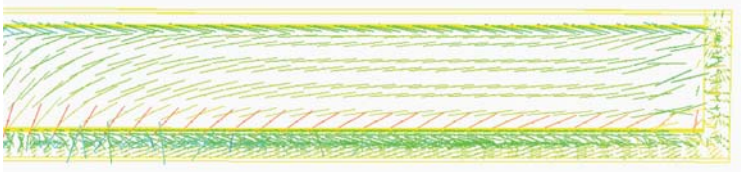


t/T =1,0

Orientácia vlákien v rebre v priereze

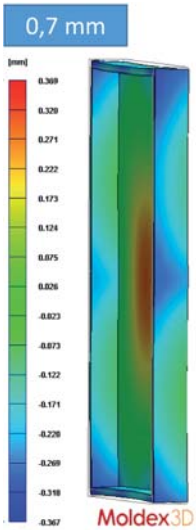


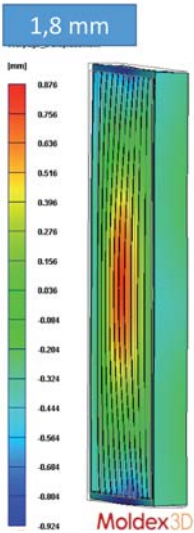
Hrúbka rebra 1 mm



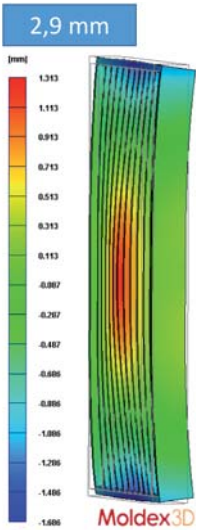
Hrúbka rebra 2 mm

Vplyv hrúbky rebier na deformáciu materiál s 30% sklenených vlákien





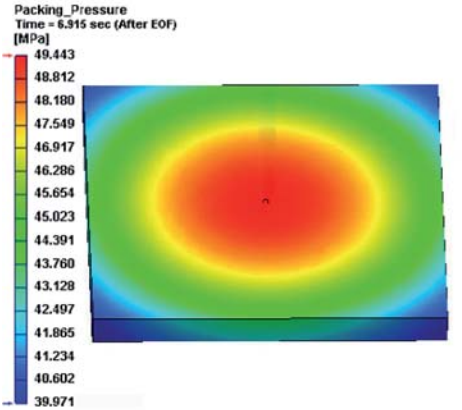
t/T =0,5

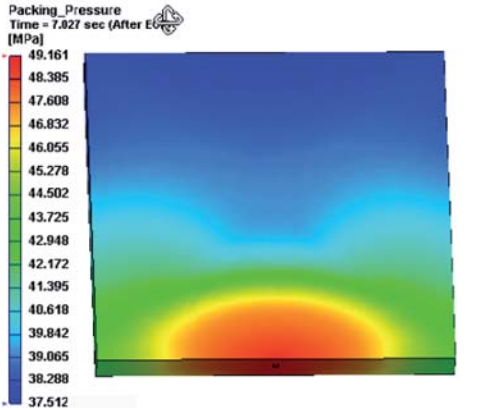


t/T =1,0

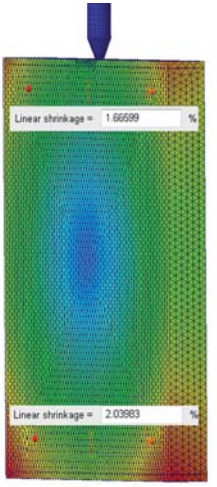
Vplyv pozície vtoku na zmrštenie

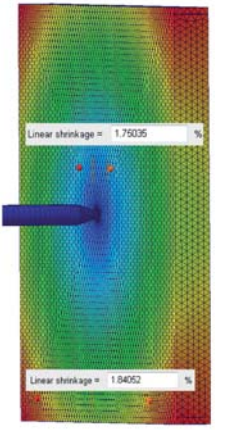
Rozloženie tlaku v diely počas dotlaku





Pozícia vtoku na zmrštenie





Záver

Predvídanie tvaru a veľkosti deformácie len na základe skúsenosti z praxe, môže viesť v niektorých prípadoch k fatálnym a drahým prekvapeniam. Pri zložitých konštrukciách a komplikovaných materiáloch je to úplne nemožné. Využívanie kvalitného plne 3D simulačného software, akým je Moldex 3D ušetrí čas pri vývoji dielu, konštrukcii formy a zabráni vzniku fatálnych chýb. Aktívne využívanie software zaručí jeho rýchlu návratnosť v krátkom čase.

MachineLOG IT
Nový pohled na věc

Systém MachineLOG IT, nabízí jednoduchou organizaci, vkládání a zobrazování požadovaných informací a to jak z pohledu lisovny, tak i z nářaďovny. Součástí je semi--automaticky vznikající znalostní databáze problémů a jejich řešení. Navíc je systém navržen tak, aby jej bylo možno použít jak samostatně (viz případová studie 2D&S), nebo jako sekundární systém, k již existujícímu informačnímu systému.

MachineLOG IT – jak primární, tak i sekundární systém ve firmě

Výhodou je, že MachineLOG IT umožňuje uživateli sdílet informace dle požadavku s libovolnou organizační složkou firmy, jak interní, tak i externí. Vedoucí projektu má kontrolu nad tím, jaké informace komu zpřístupní a jaké informace naopak bude požadovat.

Udržuje znalostní databázi ve firmě

Navíc si můžete být jisti, že nutný hardware pro práci s tímto systém, mají všechny firmy nakoupený, a tedy stačí pouze jednoduché proškolení pracovníků, pro plnění informacemi.

Systém MachineLOG IT má totiž unikátní množinový systém definice přístupových práv, je koncipovaný minimalisticky a pro svůj provoz potřebuje pouze standardní PC (pro managery), nebo chytrý telefon/tablet pro pracovníky na dílně. Není nutné investovat do infrastruktury, nebo speciálních čidel atd.

Eliminujte nespolehlivý email

Díky koncepci systému, je možné nahradit emailovou dokumentaci a přejít na prokazatelnou komunikaci v moderním stylu „chat“, kdy primární zdroj dat informací o nástroji je telefon a to jak foto/video dokumentace, tak i textů. Uživatelé tedy mohou jednoduše přidávat požadavky do systému, aniž by byly dále přetěžování nutností přepisovat papírové zápisky a přehrávat fotky/videa a přeposílat je adresátům. Stačí pouze definovat okruh uživatelů a těm potřebné informace přijdou automaticky.

Díky možnosti ad-hoc organizační struktury je tedy konečně možné zadefinovat do komunikační struktury nejen interní, ale i externí firmy, a to zachování všech bezpečnostních prvků. Logickou volbou je například externí nástrojárna – ovšem možnosti této funkce jsou širší. Představte si, že při problémech s robotem, bude automaticky informován servisní technik dodavatele. Při potížích s horkým vtokem, pak tuto informaci automaticky dostane dodavatel horkých vtoků atd. Jak je vidět na uvedených případech, zkrácení komunikační smyčky je enormní a navíc nedochází ke ztrátám informací díky postupu „tichá pošta“.

Zkrácení komunikační smyčky je řádově ze dnů na hodiny

Vezmeme-li standardní workflow servisního zásahu u formy dovezené ze zahraničí, kdy počátek je první dotaz na náhradní díl a konec je objednávka přijatá u dodavatele, pak je zkrácení této komunikační smyčky z řádu dnů na řádově hodiny (ověřeno v praxi).

Velkou výhodou je, že systém je koncipovaný jako „soft“, tedy měkký, z hlediska zadávaných a vyčítaných informací. Velmi často se potkáváme s nástroji, kde jsou „hard“ informace na informačních štítcích, které neodpovídají realitě. Díky flexibilitě a uživatelské přívětivosti, je jednoduché informace aktualizovat a tím udržet relevantní údaje o nástrojích. Zároveň se snižuje tlak na pracovníky, kteří jsou odpovědni za udržitelnost a aktuálnost dat.

Celý systém je provozován na šifrované databázi se striktním oddělením přístupů a několikanásobnou kontrolou přihlášení.

Motivační citáty

> **„Nejlepší způsob, jak předpovědět budoucnost je vynalézt ji.“**
>
> Alan Kay

> **„Nenapodobovat, být v čele!“**
>
> Tomáš Baťa

Online sledování forem a střihacích a tvářecích nástrojů

Motivační otázky: Víte, co se aktuálně děje s Vaším nástrojem či formou? Máte kompletní podklady na jednom místě k použití? Jaké jsou aktuální funkční technologické parametry? Jaký je počet zdvihů? Kontrola komplexnosti preventivní údržby? Jak řešíte neshodné výrobky z nástroje? Lze toto řešení urychlit? Jak Vaše firma řeší zachování znalostní databáze svých pracovníků a jejich zastupitelnost? Elektronický provozní deník?

CÍL:

JEDNODUCHÉ ZAJIŠTĚNÍ KOMPLEXNÍCH INFORMACÍ

PROVEDENÍ:

1) **OPTIMALIZOVAT VSTUPY S MINIMEM ÚKONŮ**

2) **MAXIMALIZOVAT EFEKTIVITU VYVOLÁVÁNÍ INFORMACÍ**

Na tyto a mnohé další otázky přináší odpověď patentovaný systém firmy MachineLOG IT, který řeší komplexní znalostní databázi problematiky provozu a údržby pro formy na plasty a lehké kovy, střihací a tvářecí nástroje.

Aby bylo možné dobře popsat systém automatické archivace znalostí pro firmy, je potřeba udělat malou exkurzi do historie výroby.

Vývoj požadavku na výrobu na přelomu tisíciletí se vyvíjel tímto způsobem:

- 70. léta – hromadná výroba
- 80. léta – kvalita výrobku
- 90. léta – kvalita výrobních procesu
- 2000 – RYCHLOST

Systém výroby obecně, se vyvíjel směrem od jednoduché ruční výroby v podstatě „na koleně“ přes hromadnou (sériovou) výrobu, kterou zavedl například Tomáš Baťa a Henry Ford. Systém sériové výroby byl natolik silnou konkurenční výhodou, že v podstatě vytlačil jiné neproduktivní formy výroby. Známé a popsané jsou nevěřící komentáře ševců, kteří nevěřili tomu, že by je takto koncipovaný systém (předdefinované velikosti bot) mohl vytlačit z trhu. Jejich nepřizpůsobivost zapříčinila jejich ekonomickou porážku a dominanci hromadné výroby.

V 80 letech pak byla konkurenční výhoda definována kvalitou výrobku. Firmy se nacházeli ve fázi, kdy dokázali vyrábět produkty hromadně a jejich odlišení se začalo definovat kvalitou. Tuto dobu si ještě mnoho lidí u nás pamatuje, jako dobu, kdy naše podniky začali ztrácet dech, právě z důvodů kvality výroby. Cílem tehdejší doby v Československu bylo „dohnat a předehnat“. Toto známé moto se postupně v lidové slovesnosti převedlo na výše uvedené moto s dodatkem „…nebo aspoň neztratit z dohledu“.

Frustrace našich techniků té doby byla enormní.

V následné fázi období devadesátých let, kdy primární slovo v inovacích měla kvalita výrobních procesů, se naší republice povedlo za cenu obrovských investic stáhnout náskok vyspělejších zemí, a být konkurence schopní i kvalitou výrobku. Zahraničí se ale mezitím posunulo do další kvalitativní fáze a hlavní inovace probíhali v oblasti kvality výrobního procesu. Kvalita výrobku tedy byla automaticky požadována a byla determinována kvalitou celého výrobního procesu.

I na tuto změnu dokázali naše firmy reagovat, ale opět se zpožděním. Dávno pryč byla doba, kdy české firmy mimo jiné prezentované firmou Baťa udávali směr technického a technologického vývoje.

Období po roce 2000 se primární úsilí modernizace podniků napřelo směrem na rychlost. I na tuto fázi, dokázali naše podniky i přes nepříznivé možnosti odpisů investic v naší republice zareagovat.

Od roku 2013 se ukazuje, že výrobní možnosti jsou relativně srovnané po celém světě a primární rozlišovací jednotkou, které odlišuje a vyzdvihuje kvalitní firmy nad průměr je know-how jejich pracovníků.

V této době přichází na trh systém MachineLOG IT, který se snaží podpořit, zefektivnit a zautomatizovat problematiku zajištění a archivace znalostí zkušených pracovníků pro firmu pro jejich následníky.

Problém dnešní doby je předávání znalostí mezi generacemi

Největší problém dnešních podniků je předávání znalostí ze starší generace na nově nastupující. Kam až může tento problém vést, je celkem ilustrativně vyjádřeno problémy Španělska, kde nezaměstnanost dosáhla 27% a nezaměstnanost mezi mladými do 25ti let přesáhla 56%.

Ztráta znalostí a zkušeností dále podlamuje Španělskou ekonomiku a start prorůstových opatření naráží na problém know-how. Španělské firmy mají kvalitní vybavení, mají dokonce i zakázky, ale jejich konkurenceschopnost ve výrobě klesá a dolů je tlačí nedostatek znalostí a zkušeností s výrobou. Tím samozřejmě také podstatně klesá kvalita výroby.

MachineLOG IT je postaven tak, aby maximálně zjednodušil dva největší problémy znalostních databází dneška, a to zápis informací do systému a jejich vyvolávání a čtení.

V dnešní době není problém nasadit systém znalostní databáze, ale problém je její naplnění a hlavně vyvolání relevantní informace ihned, kdy je tato informace potřeba. Ve firmách dneška schází systematizované předávání zkušeností i z toho důvodu, že neexistují komplexní podklady pro interní školení řešených problémů tak, aby se tato znalost rozšířila mezi maximální počet technických pracovníků a tím se zlepšila celková konkurence schopnost firmy.

Největší problém znalostní databáze je systematizovaný vstup znalostní a jejich následné nalezení

Technické vzdělávání pracovníků probíhá nahodilým ostrůvkovým procesem ve stylu posezení u kávy a větami typu „…Pepa prý řešil nějaký problém, slyšel jsi o tom …“

Toto je další oblast, kterou se snaží systém MachineLOG IT změnit. Při důsledném používání systému MachineLOG IT, je možné dělat pravidelné výstupy pro systematické technické školení interních pracovníků s kompletním popisem chyby, její obrazovou dokumentací a následných zdokumentovaným řešením. Takto popsaná znalostní databáze nejen urychluje řešení dalších problémů ve výrobě, ale je vynikajícím základem pro sdílení znalostí napříč firmou a rychlé ustavení nových firemních standardů.

Díky kvalitním podkladům je možné pružně reagovat na opakující se chyby a systémově jim předcházet pomocí interních předpisů a vzdělávání pracovníků.

Cílem je převést maximum možných řešení do oblasti prevence resp. predikce), nikoliv udržovat řešení v oblasti reaktivních systémů.

Bohužel je jasné, že převést 100% řešení z reaktivní do preventivní, nebo snad prediktivní oblasti není technicky možné, ale výsledek limitně se blížící preventivní oblasti je rozhodně cíl, který dokáže uspořit firmám nemalé náklady.

Použití nástrojů – jak a kdy?

Nasazení, údržba, prevence a kvalita výroby

Zásadní otázka sledování nástrojů se dá zjednodušit na boj mezi manažery projektů a výkonnými pracovníky. Zatímco řídicí pracovníci by chtěli maximum informací pokud možno v reálném čase, výkonní pracovníci jsou časově zaneprázdněni samotnou výrobou a přepisování informací do systému je nijak zvlášť nezajímá, ba naopak je zdržuje od jejich hlavní práce.

Typicky při sledování forem na plasty a lehké kovy lze využít velmi zajímavou aplikaci CVe počitadla, které umožňuje sledovat kvalitu procesu, dodržování technologických parametrů a údržby, bez nutnosti dokupovat další speciální software a čidla. Toto elektronické počitadlo posunulo možnost sledovat formy na kvalitativně novou úroveň. Nicméně informace o takto sledované formě jsou přinejmenším kusé a vždy nahrávané až zpětně.

Kde se nachází forma v mezičase, mezi stažením dat z počitadla, a co se s ní AKTUÁLNĚ děje?

- **Jak je forma uskladněna?**
- **Jak je forma provozována?**
- **Jakou kvality mají aktuální výlisky při stávajících parametrech?**
- **V jaké fázi je preventivní údržba formy? Už je demontována/vyčištěna/navařena/složena?**

A navíc JAK zjistit tyto informace bez zdržování výrobních pracovníků? Výroba má vyrábět, nikoliv zadávat informace a hrát si na písařku.

Výroba má vyrábět, a ne si hrát na písařku

Další problémy mohou nastat a nastávají při transferu forem mezi závody. Existuje někde komplexní databáze s historií formy? Rychlé odpovědi na tyto otázky dokážou uspořit nemalé finanční prostředky.

A co transfer?

Na stávajícím trhu totiž existuje velké množství solitérních řešení, které jsou navzájem nekompatibilní a které neumožňují řízené sdílení potřebných informací dle ad-hoc v tuto chvíli požadované organizační struktury a to nejen uvnitř firmy, ale i s externími kooperanty.

Ztráta informací

Podívejme se blíže na jednotlivé požadavky. Proč je důležité, aby systém umožňoval sledovat nástroje kdekoliv?

Vyjdeme-li z předpokladu, že informace o provozu jsou nutné (a tedy vždy logované), pak je logická následující otázka, a to jak a kde data sbírat. Tedy budeme-li mít perfektně zavedený systém s automatickým sběrem dat na lisovně, pak máme automaticky dvě místa, které ztrácející informace.

Ztráta informací a znalostí ve firmách je enormní.

Vnitřní místo ztrácející informace je domácí nástrojárna a lisovna. Jedná se o dvě divize, většinou s oddělenými finančními toky a tedy i přístupy jsou odlišné. Navíc nástrojárny nemají nasazeny žádný systém, a/nebo jsou nuceny používat shodný systém s lisovnou, který akcentuje spíše problematiku výroby výlisků, než požadavky nástrojárny. Celkem logicky má nástrojárna/údržba zcela jiné požadavky na systém, a tyto požadavky jsou v kontradikci s požadavky lisovny a zákonem předepsanými požadavky na účetnictví a skladové hospodářství, ze kterých tyto systémy vyrůstají. Jednoduchost zadávání a hlavně čtení informací je

komplexních ERP systémech mizivá. Platí rovnice: čím složitější systém, tím méně se používá.

Druhé místo, kde se ztrácí informace je externí nástrojárna a samozřejmě také externí lisovna. Všichni známe situaci, kdy jedno z našich oddělení prostě nestíhá a v tu chvíli se – celkem logicky – obrací všichni na kapacitní pomoc dodavatelské firmy z vnějšku.

Ovšem z logiky věci, tyto firmy používají jiné informační systémy a ty nejsou navzájem kompatibilní. Tedy dáme-li nástroj do externí lisovny – pak ztrácíme „pouze" (v uvozovkách) informace o počtech cyklů (které nejsou shodné s počtem výlisků). Ztrácí se informace o cyklovém čase, údržbě, počtu zmetků a technologických důvodech zmetků. Navíc není možné sdílet znalosti řešení specifických problémů daného nástroje a tím se zpomaluje reakční doba a narůstají ztráty ve výrobě.

Dáme-li nástroj do externí nástrojárny, pak nám nastanou hned dva problémy. První z nich je a-priori, tedy problém předem, a druhý naopak a-posteriori, tedy problém následující.

Buďte prediktivní – komunikujte předem

A-priorní problém je informovanost externí nástrojárny o blíží se údržbě a potenciálních problémech. Tedy externí nástrojárna se nemůže připravit na požadavky předem. Jistě, potenciálně je možné tento problém obejít. Teoreticky je totiž možné informovat druhou stranu pomocí emailu, telefonu atd., ale ztrácíme na tom podstatnou část lidské pracovní síly, která tímto supluje funkci dobře napsaného programu. Tedy z hlediska času a financí je tento způsob velmi neefektivní, ač stále hojně používaný.

Problém a-posteriory jsou naopak informace od externí nástrojárny do lisovny. Jinak řečeno, neexistuje způsob, jak může nástrojárna automaticky a jednoduše informovat lisovnu o postupu prací na nástroji, anebo se jednoduše dotazovat na vzniklé ad-hoc potíže.

MachineLOG IT spojuje firmy

Při předání formy od jiného závodu pomocí MachineLOG IT je možné předat kompletní databázi o provozu formy jako součást podpory. Díky tomu, že systém je šablonován a překládán do více jazyků, je jednoduché podpořit zahraniční pobočky v jejich mateřském jazyce. Součástí transferu tedy bude kompletní 2D a 3D dokumentace, funkční parametry, popsané problémy a jejich řešení včetně fotodokumentace stavu. Součástí je i kontakt na nástrojárnu a dodavatele dílů forem včetně rozpisky náhradních dílů. Urychlení transferu a možnosti vyžádat si podporu je tedy výrazně vyšší než u standardního transferu pomocí papírové dokumentace.

Jak systém pracuje

Základ systému je šifrovaná databáze s odstupňovanými přístupovými právy, která jednoduše umožňuje sledování pohybu nástrojů a jejich aktuálního stavu.

Pro využití systému stačí chytrý telefon nebo tablet s datovým připojením pomocí WiFi nebo 3G. Jednoduchost uživatelské obsluhy umožňuje rychlé vkládání informací včetně obrazové dokumentace stavu nástroje s možností vkládat grafické poznámky.

Každá forma je vybavena unikátním QR kódem, který umožňuje vstup do šifrované databáze. Výrobní pracovník tedy sejme QR kód pomocí chytrého telefonu s nahranou aplikací MachineLOG IT s nadstavbou „formy". Tato aplikace převede číselný kód na adresu do šifrované databáze a dle přístupových práv povolí pracovníkovi provést potřebné úkony.

Je samozřejmé, že jiné pravomoci na prohlížení a zadávání informací bude mít vedoucí projektu a zcela jiné pak bude mít obsluha lisu. Toto víceúrovňové řízení se pozitivně odráží na rychlosti a jednoduchosti zadávání dat do systému. Pracovník, který nebude zatěžován nadbytečnou administrativou, bude tyto informace zadávat ochotněji, než osoba, která musí dublovat zápisy na papír a pak je přepisovat do počítače. Další výhodou je minimalizace rizika vzniku chyb při zadávání informací. Jakékoliv přepisování informací zvyšuje riziko vzniku chyby.

Vyjádření seřizovače lisovny po týdenním používání systému MachineLOG IT: „…rozhodně mě to nezdržuje…"

Je dobrá si uvědomit, že mnoho proměnných lze sledovat na principu Ano/Ne – tedy pouhým kliknutím na ikonu, s eventuálním doplněním informací buď ručně (napsáním) nebo pomocí e-fotografie.

Tabletový přístup

Pozice – obsluha lisu:

Má k dispozici jednoduchou předdefinovanou obrazovku s možností zadat počet výlisků, nafotit požadované kontrolní body na výlisku, nafotit parametry lisu a zadat OK, resp. NOK výlisek.

Zadávání dat probíhá buď v definovaných intervalech (jednou za hodinu, při předání směny atd.), nebo při neshodném výrobku. Je nutné zdokumentovat neshodný výrobek i parametry technologického procesu, kdy program provede obsluhu pomocí nápovědy komplexním zadáním informací o příčině vzniku neshodného kusu tak, aby pracovník na nic nezapomněl.

Navíc se doporučuje sledovat automaticky dobu cyklu, aby bylo zajištěno, že obsluha nezmění parametry, které jsou následně příčinnou problémů.

Rozdílné pozice – rozdílné vizuální přístupy a efektivní možnosti

Pozice – seřizovač:

Tato pozice má k dispozici více sledovacích parametrů. První z nich je vyskladnění formy ze skladu, dále nasazení formy na stroj s dokumentací upevnění a zapojení. Poté umožňuje vyvolání posledních funkčních technologických parametrů a jejich nastavení s archivací těchto parametrů při každém nasazení formy a/nebo jejich změně.

Kde a v jakém stavu se formy aktuálně nachází?

Fotodokumentace výrobků a odsouhlasení do sériové výroby. Kdykoliv, kdy bude vedoucí projektů požadovat aktuální informace, stačí sejmout unikátní kód, zdokumentovat aktuální výrobky a technologické parametry a systém se sám postará o okamžité doručení.

Pokud dojde v průběhu procesu k problému, má seřizovač možnost konzultovat znalostní databázi projektu a zjistit, jestli už někdo řešil podobné problémy. Tímto může seřizovač rychle najít řešení, nikoliv čekat, až se „Pepa vrátí z dovolené", protože ten něco takového řešil.

Velkou výhodou je možnost poslat ve fázi neshodného výrobku automaticky komplexní datový report výrobci formy nebo například dodavateli horkého systému, který je ihned informován o potížích a může podpořit úsilí lisovny o vyřešení neshody. Tento report je možné zaslat kdykoliv bez napojení na e-mail spolu s libovolně velkými přílohami a třeba i videem, a to i mimo oficiální pracovní dobu.

Systém MachineLOG IT neomezuje velikost příloh a komunikuje vždy přes šifrované datové linky

Veškeré zásahy jsou tedy zdokumentované, a to nejen pomocí šablon záznamu parametrů s automatickou identifikací zadavatele, ale i pomocí foto/video dokumentace, která vzniká okamžitě.

Při sundání formy z lisu se odepíše jako forma odstavená a před uskladněním se předává do preventivní údržby.

Pozice – údržba:

Preventivní údržba má k dispozici zcela rozdílné menu pro sledování forem a to se mění dle počtu zdvihů, délky nasazení a příčin sundání formy ze stroje. Je nutné, aby údržba měla k dispozici komplexní údržbový plán, který nejen řekne, jaká údržba je potřeba udělat (vyčištění chladicích okruhů, zakonzervování vyhazovačů atd.), ale navíc je nutné zajistit prokazatelnost provedení této údržby.

MachineLOG IT chrání profesionální a poctivé pracovníky

Pomocí jednoduchého průvodce je tedy možné provést pracovníka údržby krok za krokem celou údržbou. Navíc se tato údržba stává prokazatelnou pomocí možnosti potvrdit provedení jednotlivých kroků s dokumentací provedení a to včetně datového razítka, osobního podpisu a obrazové dokumentace.

Údržba má samozřejmě k dispozici kompletní 2D dokumentaci formy i s poznámkami o nejjednodušší demontáži a montáži formy včetně přípravků a detailů.

Pozice – nástrojárna:

Nástrojárna vstupuje do celého systému ve dvou fázích. Za prvé se jedná o návrh a výrobu formy, kdy systém umožňuje sledovat proces návrhu a výroby. Po dokončení formy se nahraje aktuální dokumentace s předávacími parametry a kompletní dokumentací předávacího stavu.

Druhá fáze, kdy nástrojárna vstupuje do systému, jsou potenciální problémy. Při zadání neshodného kusu se tato informace dostane do rukou pracovníka nástrojárny včetně kompletních parametrů a je možné navrhnout online protiopatření.

Další možnost je preventivní údržba, resp. oprava formy. V tu chvíli je nutné zdokumentovat předávaný stav formy, jednotlivé kroky opravy a měrové protokoly prokazující bezchybnost dílů.

Webový přístup

Webový přístup je primárně určen pro administrativní pracovníky a manažery projektu. Zde se zadávají informace obecného charakteru – výkresy, modely, přiřazují se manuály a propojují se manuálové stránky s řešenými problémy.

Pozice, které jsou v tuto chvíli k dispozici:

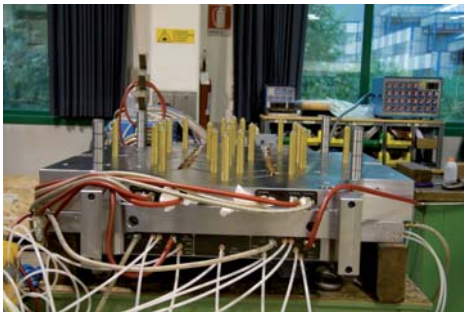
Firemní administrátor:

Tato pozice doplňuje a schvaluje pracovníky. Má k dispozici report přístupů a podezřelých přístupů k formě. Explicitně definuje přístupová práva na informace.

Management:

Vidí postup výroby, umožňuje zpracovávat reporty, vidí manuály, problémy a jejich řešení. V případě dlouhého prostoje neřešeného problému se tento zvýrazní a umožňuje tak dotažení řešení do finální fáze.

K dispozici je možnost sledovat počty cyklů, aktuální status formy a zadávání objednávek s počtem kusů a termínem plnění. Je možné přiřazovat formy na povolené lisy a zadávat předpokládané a sledovat reálné parametry. Ve spojení s počitadlem cyklů CVe, je možné sledovat odchylky v v technologických procesech a předřazovat preventivní údržbu.



Byly všechny preventivní testy a údržba provedeny?

Díky výstupům může management, nebo osoba s právy managementu pravidelně zpracovávat reporty řešených problémů a tím vytvářet podklady pro technické školení odborného personálu.

V rámci managementu je veden i vedoucí projektu, který má mimo jiné k dispozici kompletní kusovník, který umožňuje rychlé a bezchybné obstarání náhradních dílů a to i v případě forem, které používají velmi staré, z katalogu dodavatelů dávno vyřazené díly. Tento kusovník je možné kdykoliv doplňovat a verzovat tak, aby byla zajištěna jeho aktuálnost (přidané komponenty, nové objednací kódy náhradních dílů atd.)

Jeden aktuální manuál pro rodinu shodných forem? Ano, vždy poslední verze!

V této pozici je možné také přidělovat manuály a technologické postupy, včetně korekcí. Pokud tedy bude pro rodinu forem definován manuál a údržbový plán, stačí jedna korekce a tato změna se projeví u všech forem.

Kdykoliv je samozřejmě možnost manuál zpracovat ve verzích a udělat speciální verzi pro každou formu, ale obecně lze říci, že jednodušší a efektivnější je řešit problémy hromadně a preventivně.

Firemní partner:

Jedná se o spolupracující firmy, které mají omezený přístup k informacím, ale můžou zadávat vlastní postřehy.

Typicky se jedná o externí nástrojárnu, která opravuje formu. Nasmlouvanou lisovnu, která pomáhá překlenout nedostatek kapacit při výrobě, nebo dodavatele, který pomáhá s řešením sofistikovaného problému, se kterým si firma nedokáže poradit vlastními silami. Tato pozice nemá povolený tisk, kopírování informací atd.

Tento přístup je omezen a je potřeba pečlivě zvažovat, jaká data dáte k dispozici směrem ven.

Malý tip k používání pozice firemní partner: pokud poskytnete partnerovi informace o řešení problémů, urychlíte tím odezvu a zjednodušíte řešení výroby, kterou partner dělá po vás. Pokud partner nemá nasazenou databázi MachineLOG IT, po odvezení výroby a znepřístupnění tyto informace velmi rychle zapomene.

Tvůrce manuálu / překladatel

Tato funkce je primárně zaměřena na větší a dodavatelské firmy. Tyto pozice vidí pouze přidělené manuály, mohou vytvářet nové verze a jazykové klony. Překladatel pak pracuje na překladu manuálu, a tím zároveň plní firemní jazykovou databázi pro rychlejší automatické překlady v budoucnu, a díky koncepci systému se soustředí pouze na překlad, nikoliv na grafickou úpravu, nebo vkládání obrázků.

Manuál není mrtvý papír – je to živý, průběžně se vyvíjející znalostní aparát, který zrychluje výrobu.

Pro korektní funkci manuálů a jejích rychlý překlad je nutné používat obrázky s číslovanými pozicemi, které jsou vysvětleny/přeloženy pod obrázkem. Je potřeba si uvědomit, že manuál není mrtvý potištěný papír, ale živá, vyvíjející se věc. Do manuálů je potřeba pružné integrovat nové poznatky a tyto informace ihned vkládat i to technologických postupů. Díky možnosti upravovat jeden typ manuálu na definovanou množinu forem, se takto získané a vložené poznatky z jedné formy ihned projeví u všech přidělených forem, jedním doplněním.

Konstruktér

Může zadávat informace k formám, které kreslí, vidí problémy a jejich řešení z důvodu zpětné vazby. Může odpovídat na dotazy technickým pracovníkům a doplňovat a upřesňovat informace dle reálného stavu korigovaných forem.

Základní body, které řeší MachineLOG IT s nadstavbou FORMY:

- **Komplexní online sledování formy, parametrů a výlisků bez zátěže na výrobní pracovníky.**
- **Zajišťuje, aby know-how špičkových technických pracovníků zůstalo ve firmě i po jejich odchodu.**
- **Zjednodušuje a urychluje komunikaci o problematice neshodných výrobků.**
- **Urychluje servisní reakci celého řetězce dodavatelů.**
- **Umožňuje sledovat provádění pravidelných předepsaných údržbových postupů a jejich komplexnost.**
- **Zjednodušuje problematiku transferu forem.**
- **Urychluje problematiku zajišťování náhradních dílů.**

Mediální partneři