

Experimentální Analýza Napětí 2005

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF PRESSURE INSIDE MOULD IN THE COURSE OF FORMING POLYURETHANE FOAM PRODUCT

EXPERIMENTÁLNÍ ZJIŠŤOVÁNÍ TLAKU VE VNITŘNÍ DUTINĚ FORMY PŘI TVAROVÁNÍ VÝROBKU Z POLYURETANOVÉ PĚNY

Aleš Lufinka¹, Ludvík Prášil², Vojtěch Pražma³, Marek Bouška⁴

In the paper there is described the indirect measuring method to identification of pressure inside mould during polyurethane foam product forming. The increasing pressure inside mould during of polyurethane reaction process evokes its deformation and if the mould deformation rigidity is insufficient, the polyurethane foam overflows in parting plane between bottom and top clamping plates of mould arise. These overflows are on final product undesirable. The determination of the real value of pressure inside mould is very relevant parameter for mould construction optimization.

Keywords

Polyurethane (PUR), polyurethane foam, polyurethane reaction-injection-molded, pressure, strain gauge, mould

Úvod

Příspěvek popisuje měřicí metodu pro stanovení tlaku ve vnitřní dutině formy při tvarování výrobku z polyuretanové pěny (PUR). Jestliže forma nemá dostatečnou tuhost, dojde při vytváření polyuretanové pěny (polyadice polyolů s izokyanáty), po vyplnění celého objemu formy vlivem vnitřního tlaku, k deformaci formy. Deformace formy způsobí netěsnost ve stykové ploše dna a víka formy, jejímž důsledkem jsou přetoky pěny, které jsou na výsledném výrobku nepřijatelné. K tomu, aby přetoky nevznikaly, přispívá mimo jiné i dostatečná tuhost jednotlivých dílů formy. Při konstrukci forem se dosud pracovalo jen s odhadem vnitřního tlaku, což někdy vedlo k nutnosti dodatečných úprav na již hotové formě, pokud při výrobě docházelo k přetokům pěny. Pro zvýšení tuhosti forem bylo proto potřeba zjistit skutečné hodnoty tlaku uvnitř formy při vytváření polyuretanové pěny.

¹ Ing. Aleš Lufinka: Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, katedra částí a mechanismů strojů; Hálkova 6, 461 17 Liberec 1, tel.: 485 353 318, e-mail: ales.lufinka@vslib.cz

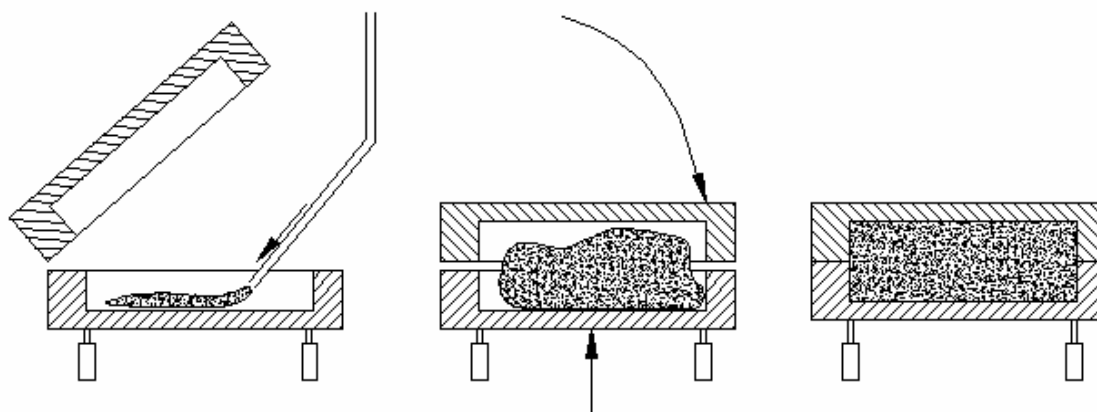
² Doc. Ing. Ludvík Prášil, CSc.: Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, katedra částí a mechanismů strojů; Hálkova 6, 461 17 Liberec 1, tel.: 485 353 309, e-mail: ludvik.prasil@vslib.cz

³ Doc. Ing. Vojtěch Pražma, CSc.: Modelárna LIAZ spol. s r.o.; Kamenická 743, 460 06 Liberec 6, tel.: 485 130 448; e-mail: prazma@modelarna-liaz.cz

⁴ Ing. Marek Bouška: Modelárna LIAZ spol. s r.o.; Kamenická 743, 460 06 Liberec 6, tel.: 485 130 448, e-mail: marek.bouska@modelarna-liaz.cz

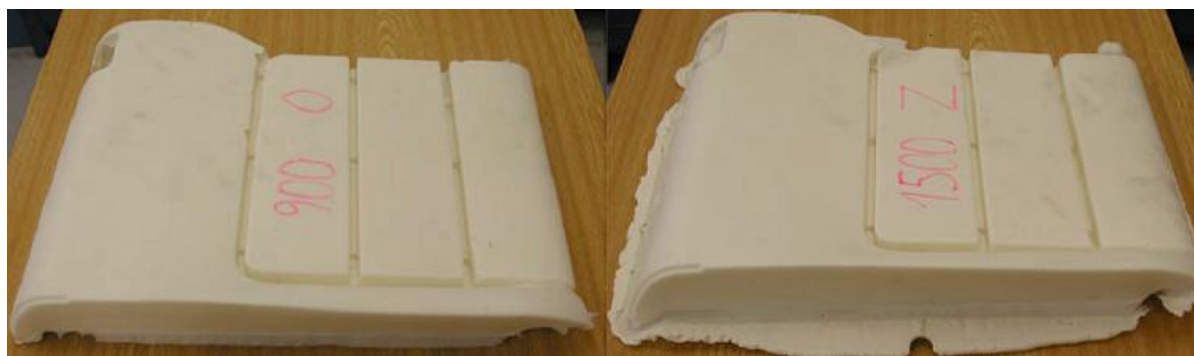
Popis procesu polyadice

Forma se skládá ze dvou částí – dna a víka. Do dna se dávkuje ručně výchozí surovina a prakticky okamžitě začne probíhat chemická reakce polyadice, při které vzniká z výchozích surovin pěna. Víko formy se musí proto velmi rychle uzavřít a následně se obě části formy přitlačí k sobě pomocí pneumatických válců (obr.1).



Obr. 1 Princip vytváření výrobku z polyuretanové pěny

Ve víku jsou odvzdušňovací ventily, kterými uniká vzduch vytlačovaný zvětšujícím se objemem pěny. Tlak na stěny formy se zvyšuje až v okamžiku, kdy pěna vyplní celý objem formy. Velikost tlaku uvnitř formy závisí na množství dávkované výchozí suroviny. Její množství ovlivňuje tuhost hotového výrobku z pěny. Pokud forma nemá dostatečnou tuhost, dochází k její nadměrné deformaci a netěsností ve stykové ploše dna a víka pěna přetéká ven z formy. To se projeví na výsledném výrobku přetoky v místě stykové roviny. Na obr.2 jsou dva totožné výrobky s různou hmotností dávkovaného polyuretanu. Levý vznikl dávkováním 900g a pravý 1500g výchozí suroviny. Z obrázku je patrné, že v druhém případě již došlo k nadměrné deformaci formy a přetoky ve stykové ploše formy jsou na výrobku patrné.



Obr.2 Ukázka výrobku bez přetoků (vlevo) a s přetoky (vpravo)

Metoda měření tlaku uvnitř formy

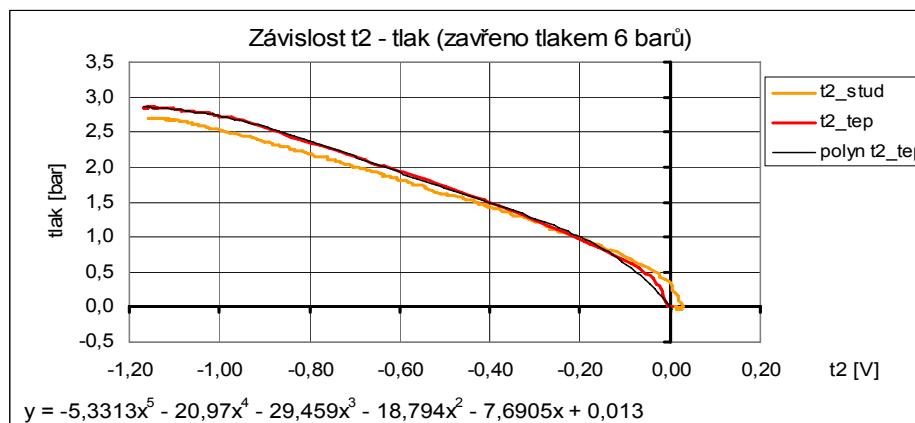
Vzhledem k průběhu vlastního procesu polyadice, kdy tlak pěny působí na celou vnitřní plochu dutiny formy jsme nenalezli způsob přímého měření tohoto tlaku. Proto byla k měření tlaku použita nepřímá metoda, která stanovuje vnitřní tlak na základě měření deformace víka formy. Na vnější stranu víka byly v místech předpokládané největší deformace nalepeny dvě dvojice tenzometrů. Do jednoho otvoru po odvzdušňovacím ventilu ve víku byl přes regulátor tlaku přiveden tlakový vzduch, ve druhém byl umístěn snímač tlaku. Všechny ostatní

odvzdušňovací ventily byly zaslepeny. Styková rovina byla před uzavřením formy utěsněna pružnou páskou. Následně se postupně zvyšoval tlak přiváděného vzduchu a přitom se zaznamenával tlak uvnitř formy a odezva tenzometrů. Vznikající mezera mezi dnem a víkem ve stykové ploše byla pro kontrolu na dvou místech měřena snímači posuvu.



Obr.3 Dělicí rovina se snímačem posuvu a víko formy s přívodem vzduchu, čidlem tlaku a zaslepenými odvzdušňovacími ventily

Cílem tohoto měření bylo ocejchování tenzometrů. Získaly se závislosti signálů z tenzometrů na tlaku uvnitř formy. Měření bylo omezeno velikostí deformace formy, při níž již docházelo k úniku tlakového vzduchu mezerou ve stykové ploše formy, kterou již nestačila utěsnit použitá těsnicí páska. Protože při vlastním procesu polyadice je forma předehřátá na 60° C, bylo toto měření provedeno pro studenou i teplou formu, aby se vyloučil vliv závislosti konstant tenzometrů na teplotě. Z grafu na obr.4 je patrná změna citlivosti tenzometrů s teplotou a celková nelinearita závislosti. Pro přepočítání při vlastním měření byly použity křivky pro ohřátou formu (což odpovídá vlastnímu procesu) a nelineární průběh byl aproximován polynomem.



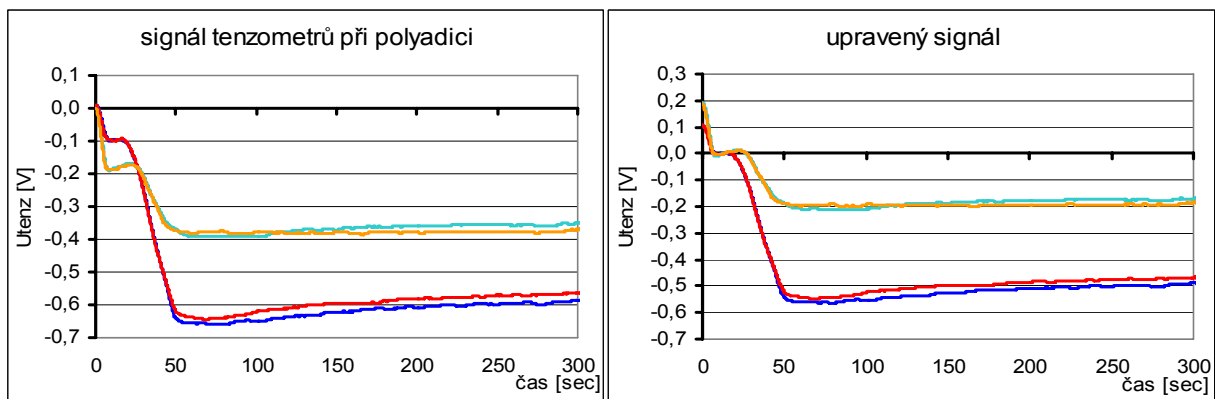
Obr. 4 Příklad odezvy tenzometru 2 na zkušební tlak a aproximační polynom

Po ukončení těchto kalibračních měření byla forma uvedena do původního stavu. Při zkušebním uzavření formy byla zjištěna komplikace. Již pouhé uzavření formy vyvolalo částečnou deformaci víka, která sice nezpůsobila mezeru ve stykové ploše, ale byla zaznamenána tenzometry. Tím se tedy lišilo kalibrační měření od měření skutečného procesu. Při kalibračním měření byl výchozí stav měření (nula tenzometrů) nastaven až při uzavřené a tedy již částečně deformované formě. Jiná možnost vzhledem k těsnění dělicí roviny páskou nebyla. Naopak při vlastním procesu muselo být (vzhledem k velké počáteční rychlosti celého

procesu) měření spuštěno ještě při otevřené formě a tím se do měřeného signálu z tenzometrů dostala i odezva na uzavření formy. Proto byly samostatně změřeny i odezvy tenzometrů na uzavření formy, a ty se poté při zpracování výsledných signálů odečítaly od získaných průběhů. Tím se výsledné hodnoty oprostily od chyby vzniklé změřením deformace při zavření formy.

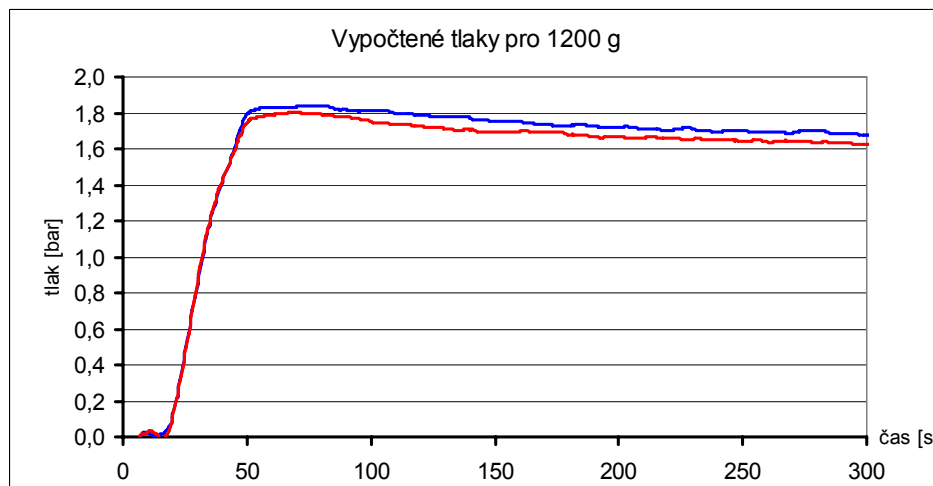
Výsledky měření

Vlastní měření se provádělo při skutečně probíhající polyadici při různých množstvích dávkované výchozí suroviny. Získané průběhy z tenzometrů byly nejprve oprostěny od deformace vzniklé zavřením formy. Na obr. 5 je vlevo příklad signálu z tenzometrů při probíhající polyadici. Na začátku je vidět deformace při zavření formy, pak teprve další nárůst od tlaku pěny. Vpravo je pak tentýž signál s vyloučením deformace od zavření formy.



Obr. 5 Příklad naměřených závislostí

Aplikací kalibračního polynomu na upravené signály byl vyjádřen průběh tlaku uvnitř formy při polyadici. Na obr. 6 je příklad průběhu tlaku uvnitř formy pro 1200g výchozí suroviny.



Obr. 6 Průběh tlaku pro 1200g výchozí suroviny

Závěr

Popsanou metodou se podařilo získat skutečné průběhy tlaku uvnitř formy v průběhu tvarování výrobku z polyuretanové pěny pro různá dávkovaná množství výchozí suroviny do formy. Získané hodnoty byly použity pro optimalizaci konstrukce formy.