Vliv hustoty polystyrénového modelu na vady v odlitcích

Marta Grigorovová

Práce je zaměřena na vliv spojitosti hustoty polystyrénového modelu na vady v odlitcích odlévaných metodou odpařitelného modelu (lost foam technologie).

Experimentální část je zajišťována ve slévárně PROMET FOUNDRY, s. r. o. se sídlem ve Vsetíně, která tuto technologii jako jediná v ČR používá. Metodou lost foam se vyrábí ve firmě PROMET FOUNDRY, s.r.o odlitky žebrovaných koster statorů elektromotorů. Nejčastěji odlévané typy statorů jsou 3GZV 114 009 a 3GZV 114 010

obr. 1 – model statoru 3GZV 114 009

1.1 Metoda výroby odlitků odpařovacím procesem

Metoda tzv. plné formy je známá již od roku 1958. Více se tato metoda začala využívat v roce 1960, a to při výrobě velkých, jednoduchých odlitků. Model byl vyřezán ze špalku pěny. Postupně se uplatnila technologie i při výrobě složitých odlitků a využití našla i v hromadné výrobě. Jednou z nejvýraznějších předností této technologie je výborná povrchová úprava, která je dána kvalitou modelu. Odlévaný kov se totiž nedotýká písku neboť mezi pískem a kovem je žáruvzdorný nátěr.

1.2 Technologický postup metody Lost Foam

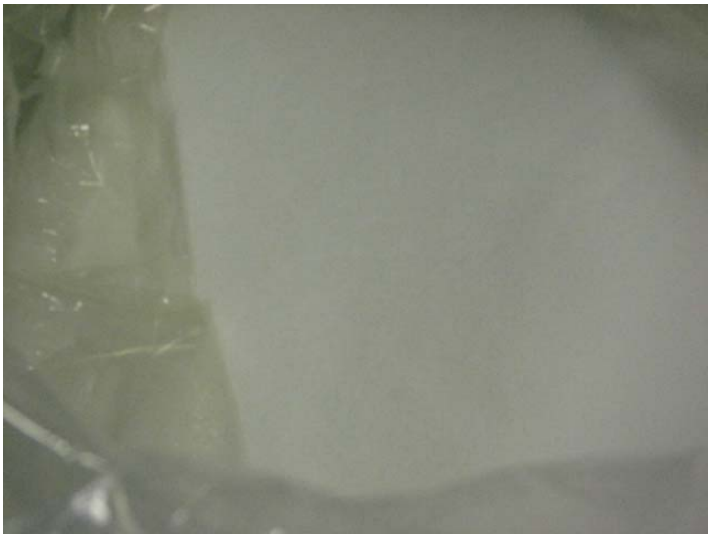
Technologie probíhá v těchto krocích:

1. předzpěnění kuliček polystyrenu
2. vstřikování předzpěněných kuliček polystyrenu do formy
3. stárnutí modelů a vytvrzování
4. montáž – sestavení modelů
5. nanesení keramického povlaku na modely a následné vysušení

6. zaformování modelů do bezpojivového písku
7. odlití zaformovaných modelů a chlazení
8. vysypání odlitků z písku

1.2.1 Předzpěnění kuliček polystyrenu

Modely pro technologii Lost Foam jsou tvořeny kuličkami polystyrenu. Kuličky se před vstříknutím do formy nechají expandovat ve vakuovém předzpěňovači. K expanzi kuliček dojde na základě působení kombinace teploty a redukovaného tlaku. Tímto procesem dosáhneme ztužení kuliček na hustotu v rozmezí 20 – 20,7 g/l. Pro výrobu vtokových soustav se používá polystyren EPS, pro výrobu modelů kopolymer CL 600A a CL500A.



obr. 1.2.1.1 – nepředzpěněné kuličky polystyrenu

obr. 1.2.1.2 – předzpěněné kuličky polystyrenu

1.2.2 Vstřikování předzpěněných kuliček polystyrenu do formy

Expandované kuličky jsou vstřikovány do formy lisu. K vylisování modelu jsou použity hliníkové jaderníky, které jsou předehřáty na teplotu 70 – 80°C. Ve formě je navozen podtlak, aby vstřikované kuličky dokonale vyplnily formu. Pro dosažení změkčení kuliček polystyrenu a zvýšení jejich poddajnosti a vyplnili mezilehlé prostory mezi nimi aby došlo k natavení

jejich povrchu, je dutina formy vyhřívána parou. Pára musí být suchá a proto se přehřívá na teplotu 130 – 140°C. Působením teploty a tlaku dojde ještě k zvětšení kuliček díky nadouvadlům (pentanem), které jsou obsaženy jak v nepředzpěněném tak i předzpěněném polystyrenu. Po vyplnění formy kuličkami polystyrenu je forma ochlazena vodou a model vyjmut. Modely se tak smrští a stabilizují.

1.2.3 Stárnutí modelů a vytvrzování

Při stárnutí a vytvrzování kuliček dochází nejprve u modelů k expanzi, na základě uvolňování tlaku z kuliček do atmosféry a poté ke smrštění. Stárnutím se z modelu dostávají nadouvadla potřebná k zpěnění kuliček a vlhkost vnesená při lisování modelů. Stárnutí může probíhat klasicky nebo zrychleně. Klasické stárnutí spočívá v uložení modelů a nechání je po určitý časový interval stárnout na vzduchu při pokojové teplotě. K urychlení stárnoucího procesu se využívají sušárny, kde jsou modely ponechány 4 – 8 hodin. Následuje stárnutí na dílně dalších 4 – 8 dnů v závislosti na velikosti a složitosti modelu.

1.2.4 Montáž – sestavení modelů

V této fázi dochází k slepení jednotlivých součástí modelů k sobě a připojení vtokové soustavy, případně slepení více modelů do jedné vtokové soustavy. K lepení je použito horké tavné lepidlo na bázi nylonu typ BOSTIK TEF 56.

1.2.5 Nanesení keramického nátěru na modely a následné vysušení

Po slepení do konečného požadovaného tvaru je na modely nanesen keramický žáruvzdorný nátěr. Firma PROMET FOUNDRY, s.r.o. používá nátěr STYRAL – OX 50. Nátěr je na modely nanášen ponořením modelu do nádoby s nátěrem. Po nanesení nátěru následuje sušení modelů s naneseným žáruvzdorným nátěrem probíhá v sušárně.Vysušením modelů po namáčení je dokončena příprava před samotným odléváním.

1.2.6 Zaformování modelů do bezpojivého písku

Vysušené připravené modely jsou vloženy do formy a ta je zasypána sypkým křemičitým pískem bez pojiva. Pro zaformování modelů se používá křemičitý písek o velikosti 50µm. Pro formování je použit písek hranatého tvaru, aby se dosáhlo většího zpevnění. Vyplnění celého prostoru pískem je dosahováno vibracemi celé formy. K dokonalému zaplnění formy musí být použity vibrace, které vyvolají zkapalnění písku.

1.2.7 Odlití zaformovaných modelů a chlazení

Po zaformování následuje odlití modelů. Při kontaktu horkého kovu a polystyrenu dochází k jeho zplynění a tím vzniká dutina odlitku. Plnění probíhá od spodu modelu na horu, aby plyny vzniklé zplyněním polystyrenu stihly uniknout a případné nečistoty zůstaly v horní části odlitku a po zchladnutí je tato část odstraněna. Chladnutí odlitků je zajišťováno přestupem tepla do písku.

1.2.8 Odstranění odlitků z písku

Zchladnuté odlitky jsou z písku vysypány. Písek je po ochlazení znovu použit. Z odlitků se po odlití odstraní vtoková soustava a odlitky se nechají otryskat případně opraví (tmelením nebo zavařením – podle dohody se zákazníkem). Následuje natření základovou barvou a expedice.

1.3 Časová linie výroby

1 – nezpěněný surový polystyren
2 – předzpěnění polystyrenu (30s)
3 – lisování polystyrénového modelu (3 až 7 minut)
4 – stárnutí modelů (4 až 8 hodin v sušárně a 4 až 8 dní na dílně)
5 – sestavování modelů lepením
6 – namáčení modelů do žáropevného nátěru
7 – schnutí žáropevného nátěru (12 až 24 hodin)
8 - formování (5 minut)
9 – odlévání zaformovaných modelů
10 – chladnutí odlitků(1,5 – 2 hodiny)
11 – vysypání odlitků
12 – otryskání odlitků
13 – opravy modelů
14 – nanesení základové barvy
15 – expedice

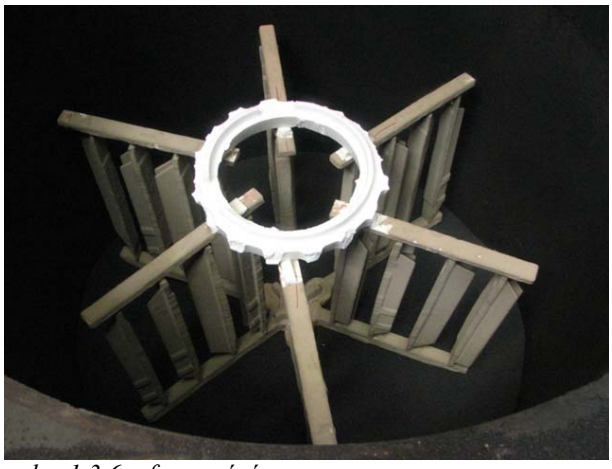
obr. 1.3.1 – lisování polystyrénového modelu

obr. 1.3.2 – stárnutí modelů na dílně

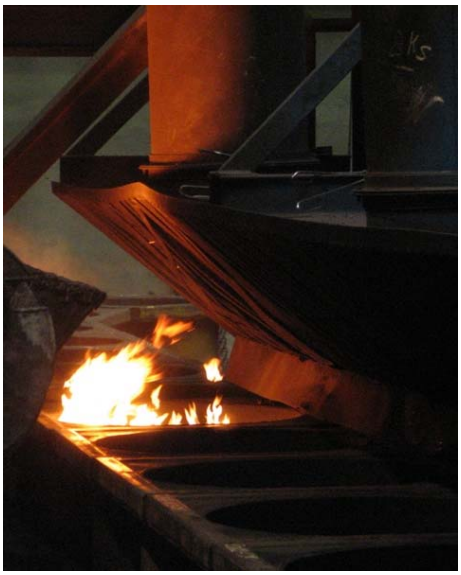
obr. 1.3.3 – lepení modelů

obr. 1.3.4 – modely s nanesenou žáropevnou vrstvou

obr. 1.3.5 – schnutí modelů



obr. 1.3.6 – formování



obr. 1.3.7 – odlévání modelů

Celý proces výroby odlitků od začátku předzpěnění kuliček polystyrenu až po expedici hotových statorů trvá 10 až 14 dnů v závislosti na velikosti a složitosti statorů.

2. Způsob zjišťování hustoty polystyrénových modelů

K zjišťování hustoty pěn byla použita metoda hydrostatického vážení. Tato metoda spočívá ve zvážení hmotnosti vzorku, poté se vzorek připevní na tenké hroty přípravku ve spodní části váhy, vzorek je ponořen do nádoby s vodou a měří se vyvinutý vztlak měřeného vzorku.

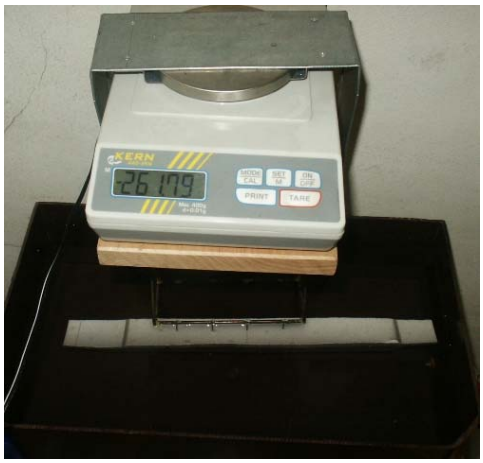
2.1 Postup měření:

1. zapnout a vynulovat váhu
2. zkontrolovat váhu pomocí kalibru 200g
3. zvážit vzorek pěny m (suchá) (g)
4. vynulovat váhu
5. napíchnout vzorek zespodu na hroty
6. vynulovat váhy
7. ponořit celý vzorek pod hladinu vody v nádobě pod váhou
8. zvážit hmotnost po ponoření vzorku pěny m (mokrá) (g)

9. měrnou hmotnost pěny vypočítat podle vzorce

$$\rho = \frac{m_{suchá}}{m_{suchá} + m_{mokrá}} \cdot 1000$$

obr. 2.1.1 – vážení vzorku



obr. 2.1.2 – měření vztlaku

2.2 Příprava vzorků pro měření

K zjišťování hustoty byly vytvořeny vzorky ze statorů typu 3GZV 114 010. Vzorky byly odebrány z vysušených statorů. Statory byly nejprve rozřezány nožem na 4 segmenty, které se dále rozřezaly odporovým drátem na menší segmenty čítající dvě žebra statoru.

obr. 2.2 – připravený vzorek statoru pro měření

2.3 Zjišťování hustoty vzorků

Každý vzorek byl nejprve zvážen v suchém stavu, posléze namočen a změřen vztlak. Váha jednotlivých suchých vzorků se pohybovala v rozmezí od 4,6 do 7g. Naměřené vztlaky se pohybovaly v rozmezí mezi215 až 331g. Na základě těchto hodnot byly spočteny hustoty jednotlivých vzorků. Hustoty se pohybovaly v rozmezí 18 až 25. Kompletní přehled výsledků je v tabulce 2.3

K vážení vzorků byla použita váha KERN 440 -35N (max. 400g) a přípravek pro měření vztlaku vyvolaný vzorky.

tab. 2.3 - Tabulka naměřených a vypočtených hodnot

Pěna	m (suchá) [g]	m mokrá) [g]	hustota	pěna	m (suchá) [g]	m(mokrá) [g]	hustota
1	5,74	247,80	22,64	23	5,52	233,37	23,11
2	5,68	241,02	23,02	24	5,98	234,55	24,86
3	6,31	309,85	19,96	25	6,08	249,55	23,78
4	5,98	284,29	20,60	26	5,71	237,28	23,50
5	6,99	331,37	20,66	27	5,57	259,32	21,03
6	5,17	256,20	19,78	28	5,97	229,23	25,38
7	6,40	302,97	20,69	29	6,26	286,83	21,36
8	5,30	254,82	20,38	30	5,14	242,98	20,72
9	5,77	302,44	18,72	31	5,30	226,66	22,85
10	5,92	287,60	20,17	32	5,09	226,48	21,98
11	6,08	252,77	23,49	33	6,02	254,82	23,08
12	5,22	258,30	19,81	34	5,32	229,03	22,70
13	6,03	300,19	19,69	35	6,29	260,19	23,60
14	5,89	296,82	19,46	36	5,16	229,84	21,96
15	5,85	270,89	21,14	37	5,20	223,05	22,78
16	5,27	264,88	19,51	38	5,37	223,15	23,50
17	5,17	251,84	20,12	39	6,14	255,94	23,43
18	5,29	260,47	19,91	40	5,56	241,66	22,49
19	6,44	281,35	22,38	41	7,03	277,20	24,73
20	5,91	275,38	21,01	42	4,61	215,92	20,90
21	4,84	232,21	20,42	43	4,76	227,18	20,52
22	6,20	274,09	22,12	44	5,01	242,41	20,25

2.4 Příprava o odlití vzorků

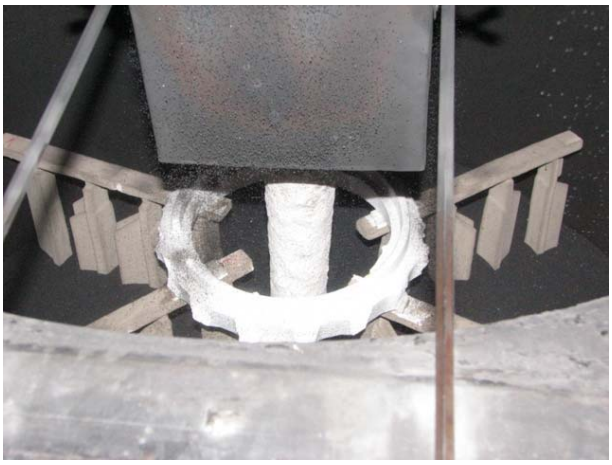
Vzorky, u nichž byla zjištěna hustota byly roztříděny podle hustoty do šesti kategorií (19-19,9; 20 – 20,9; 21 – 21,9; 22 – 22,9; 23 - 23,9; 24 – 24,9).Roztřídění bylo provedeno důvodu přibližně stejných podmínek na jednotlivých ramenech stromečku.

Takto připravené segmenty statorů se namočily do žáruvzdorného nátěru a nechaly vyschnout. Nanesená nátěrová žáruvzdorná vrstva měla hustotu 1670 kg/m^3 a byla nanesena v tloušťce 0,65mm. Hustota nátěru je zjišťována hustoměrem a tloušťka měřidlem tloušťky nátěru.

obr. 2.4.1 - slepené vzorky

obr. 2.4.2 – namáčení slepených vzorků

Po vysušení byly namočené a vysušené vzorky slepeny k sobě do stromečku a byla přilepena vtoková soustava. Připravené stromečky byly zaformovány a odlity.



obr. 2.4.4 – zaformování stromečku

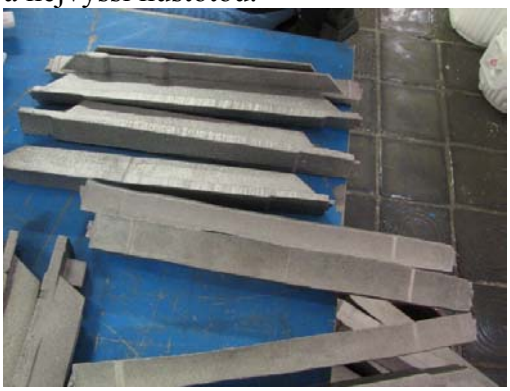
Šedá litina použitá pro odlití stromečků měla teplotu 1 414°C.

obr. 2.4.5 – odlévání stromečku

obr.2.4.6 – vysypání stromečku

2.5 Vyhodnocení odlití

Po odlití byly vzorky otryskány a vizuálně zkontrolovány. Následovala kontrola ultrazvukem. Vizuálně byly vzorky bez vad. Ani zkouška ultrazvukem neprokázala vady ve odlitých vzorcích. Všechny odlité vzorky splňovaly požadavky a nebyly rozdíly mezi odlitky s nejnižší a nejvyšší hustotou.



obr.2.5.1 - odlité vzorky

obr. 2.5.2 - porovnání vlivu hustoty modelu

obr. 2.5.3 – lomy odlitých vzorků

3. Závěr

Odlité vzorky byly podrobeny zkoušce ultrazvukem a neprokázaly se vnitřní vady. Na vzorcích nebyly žádné viditelné vady a ani na lomu se vady neprokázaly. Zřejmě tedy není problém, pokud se odlévají modely, které mají přibližně stejnou hustotu po celém objemu.

Použitou metodou zjišťování hustoty se povedlo prokázat, že po obvodu modelu statoru se vyskytují různé hustoty, které se značně liší. Touto metodou se ale nepovedlo dokázat, že by různá hustota vzorků měla přímý důsledek na vznik vad. Pokud jsou odlévány kusy o stejné hustotě, dosahuje se odlitků ve vyhovující kvalitě. Problém nastává, pokud jsou vedle sebe v jednom statoru různé hustoty. Pak dochází k různě rychlému odpařování modelu a kov vyplňuje dutinu nestejnoměrně. Dochází k víření a přelévání kovu z míst, kde byl polystyren řidší do míst o hustším polystyrenu a následně i vadám v odlitku. Důležitým a zřejmě i stěžejním problémem je, že se měřily pouze části statorů a ne celé.

4.Literatura

John A. Troxler, jr., Výrobně – technologická příručka slévárny ROBINSON, USA, 1987

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

VLIV HUSTOTY POLYSTYRENOVÉHO MODELU NA VZNIK VAD V ODLITCÍCH

Marta Grigorovová