

# ЕДНА ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ОПИСВАНЕ НА ВЗАИМОВРЪЗКАТА МЕЖДУ НЯКОИ ОТ ПАРАМЕТРИТЕ ПРИ ЛЕЕНЕ С ГАЗОВО ПРОТИВОНАЛЯГАНЕ

## ОДНА ИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ОПИСАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ЛИТЬЕ С ГАЗОВЫМ ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ

### A POSSIBILITY TO DESCRIBE THE INTERACTION BETWEEN SOME PARAMETERS IN GAS-COUNTER PRESSURE CASTING

н.с. инж. Делчев Т., н.с. инж. Ячков Н., н.с. инж. Станев С., н.с. инж. Петров В.  
Институт по металознание "Акад. А. Балеvски" - БАН, София, България  
E-mail: [geo121@abv.bg](mailto:geo121@abv.bg)

**Abstract:** Engineering model equalities of the basic gas and hydrodynamic processes in the realization of the method for gas counter-pressure casting on machines series VP are developed. The check of the model equalities are made by aluminum alloy casting. Correction equalities are elaborated. A good coincidence was obtained between measured and calculated values.

**KEYWORDS:** CASTING, PRESSURE, MODEL, GAS

#### 1. Увод

Процесите свързани с метода за леене с газово противоналягане са добре изследвани на базата на изведените физични модели на процеса. В леярската практика обаче има нужда да бъдат изведени и инженерни равенства получени на базата на реални машини за леене. Това е от значение при разработване на нови технологии за леене и изследването на процесите, свързани с този метод. Динамиката на запълване на формата е определяща за качеството на получаваната леярска заготовка [3]. Изследването на газо- и хидродинамичните процеси при леене с газово противоналягане се разглежда на базата на машините от серията ВП, при следното допускане:

- всички процеси са изоентропийни и квазистационарни, протичащи при установени режими за достатъчно малки интервали от време [5].

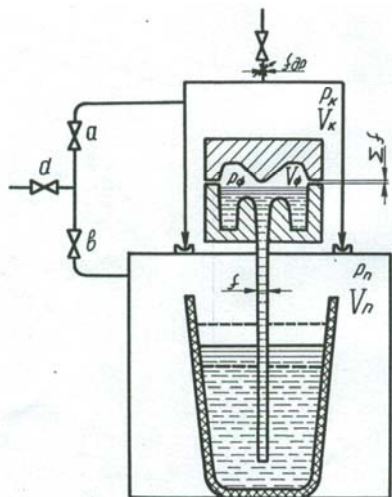
Съставянето на моделните равенства следва технологичната последователност за реализация на метода, при намаляване на налягането в херметизираната камера с формата, схематично изобразен на фиг.1. и при условията на хидродинамично запушване на газовия поток [1]. В този случай за масовия разход на въздух при изтичане през отвор може да се напише:

$$(1) \dots M_{кр.} = 0,49 \cdot f \cdot \sqrt{p_0 \rho_0}, \text{ където}$$

$f$  - е напречното сечение на отвора;

$p_0$  - налягането на газа в съда;

$\rho_0$  - плътност на газа.



Фиг. 1. Схема на метода

#### 2. Моделни уравнения за:

##### 2.1. Изменението на налягането в херметичната камера с формата.

При използването налягането в практиката, по време на леене с газово противоналягане, изтичането на газовия поток през отвора на дросела е в критичен режим [1], следователно за масовия разход се получава:

$$(2) \dots M_{кр.} = \mu^* \cdot f_{др.} \cdot \sqrt{p_0 \rho_0}, \text{ където}$$

$f_{др.}$  - е напречното сечение на дросела за леене;

$\mu^*$  - приведен коефициент на разхода. За въздуха  $V_k \cdot \mu^* = 0,49$ .

В резултат на това изтичане, за безкрайно малко време  $d\tau$ , плътността на газа в камерата намалява с  $d\rho_k$ , а налягането - с  $dp_k$ . Тъй като налягането в камерата с резервоара за стопилка не се променя, между двете налягания възниква разлика, която е енергиен източник за предвижване по металопровода на стопилка с обем  $v \cdot f \cdot d\tau$ , където  $v$  е означена скоростта на стопилката в металопровода, а с  $f$  - напречното му сечение. Така обема на камерата ще намалее с тази стойност и за плътността на газа може да се напише равенството:

$$(3) \dots (M_0 - dM_{кр.}) / (V_k - v \cdot f \cdot d\tau) = \rho_0 - dp_k, \text{ където}$$

$V_k$  - е обема на камерата с формата.

След несложни преобразувания, за моделното уравнение описващо изменение на налягането в камерата с формата, се получава:

$$(4) \dots dp_k / d\tau = p_0 \cdot (\mu^* \cdot f_{др.} \sqrt{R \cdot T} - v \cdot f) / V_k.$$

##### 2.2. Изменение на налягането в херметичната камера с резервоара за стопилка.

При запълване на леярската кухня, за време  $d\tau$ , газовият обем на камерата нараства с  $v \cdot f \cdot d\tau$ , а налягането намалява с  $dp_n$ , откъдето следва равенството:

$$(5) \dots p_0 \cdot V_n = (p_0 - dp_n) \cdot (V_n - v \cdot f \cdot d\tau), \text{ където}$$

$V_n$  - е обема на камерата с резервоара за стопилка, който се променя с броя на отливките  $n$ , съгласно равенството:

$$(6) \dots V_n = V_0 + n \cdot V_{отл.}, \text{ където } V_0 \text{ е началният обем}$$

на газовата фаза, а  $V_{отл.}$  е обема на отливката.

От (5) след несложни преобразувания се получава равенство:

$$(7) \dots dp_n / d\tau = p_0 \cdot v \cdot f / V_n, \text{ което описва}$$

изменението на налягането на газа в камерата за стопилка.

### 2.3. Изменение на разликата в налягането между двете камери на машината.

Разликата в наляганята между двете камери  $d(\Delta p)$  за време  $d\tau$  се определя от равенството:

$$(8) \dots d(\Delta p) = dp_k - dp_n$$

Съгласно равенства (4) и (7) от (8) следва равенство:

$$(9) \dots d(\Delta p)/d\tau = p_0 [(\mu^* f_{\partial p} \sqrt{R \cdot T/V_k} - \nu f \cdot (1/V_k + 1/V_n))].$$

### 2.4. Изменение на моментната скорост на леене в леяковата тръба.

Създадената разлика в наляганята, съгласно равенство (9) се изразходва за преодоляване на хидростатичното налягане и хидродинамичните загуби и тъй като при леене се използват невисоки скорости, то може да се запише равенство:

$$(10) \dots p_0 [(\mu^* f_{\partial p} \sqrt{R \cdot T/V_k} - \nu f \cdot (1/V_k + 1/V_n))] = \xi \cdot \nu \cdot \gamma \cdot A, \text{ където}$$

$\gamma$  - е относителното тегло на стопилката;  
 $\xi$  - е коефициент, отчитащ хидродинамичните загуби, включително и тези от промяна на температурата на стопилката.

От равенство (10) за моментната скорост  $\nu$  се получава равенство:

$$(11) \dots \nu = p \cdot \mu^* f_{\partial p} \sqrt{R \cdot T/f \cdot p_0 (1 + \alpha(n))} + V_k \cdot \xi \cdot \gamma \cdot A, \text{ където } \alpha(n) = V_k/V_0 + n \cdot V_{отл}.$$

При запълване на леяковата тръба  $A=I$ , а  $p = p_0$ , при запълване на леярската кухня –  $A = f/F^*_{\phi}$ , а  $p = p_0 - \Delta p_{л.тр.}$ , където  $\Delta p_{л.тр.}$  е изразходваното налягане за запълване на леяковата тръба.  $F^*_{\phi}$  - е приведеното към условен цилиндър напречно сечение на леярската кухня.

### 2.5. Изменение скоростта на леене $\nu$ , при отчитане температурните разлики на газа в камерите на машината.

Известно е, че процесите на леене с реални стопилки съществено се отличават от изотермичните процеси [2, 4]. Отчитането на този факт става чрез въвеждане на корекционни коефициенти. За тази цел нека първо разгледаме промените на температурата между газовите фази от камерата с формата и тази от леярската кухня. Определящо влияние за процеса на леене е плътността на газовата фаза в леярската кухня, която се определя от равенство:

$$(12) \dots \rho_{л.к.} = \rho_0/R \cdot T_{л.к.}, \text{ където } T_{л.к.} - \text{е температурата на газа от леярската форма};$$

Плътността на газа в камерата с леярската форма, извън последната се определя от равенство:

$$(13) \dots \rho_k = p_0 / R T_k, \text{ където } T_k \text{ е температурата на газа в камерата извън формата.}$$

При подаване на команда за леене, започва изпускане в атмосферата на газ с плътност  $\rho_k$ , а през вентилационните канали на формата с плътност  $\rho_{л.к.}$ . Скоростта на газа през вентилационните канали може да се определи от равенство:

$$(14) \dots \nu_{в.к.} = \varphi \cdot \sqrt{2(\rho_{л.к.} - \rho_k)/\rho_{л.к.}} \text{ и тъй като } \rho_{л.к.} <$$

$\rho_k$ , следва че скоростта на газа ще бъде с  $\sqrt{\rho_k/\rho_{л.к.}}$  пъти по-голяма от тази определена съгласно разгледаните моделни

равенства, т.е. необходима е корекция с коефициент  $\varphi_1$ , определен от равенство:

$$(15) \dots \varphi_1 = \sqrt{\rho_k/\rho_{л.к.}}$$

Двигателна сила за предвижване на стопилката към леярската кухня е налягането на газовата фаза в камерата с тигела за стопилка. За скоростта на леене може да се напише равенство:

$$(16) \dots \nu = \xi \cdot \sqrt{2 \cdot (\rho_n - \rho_{л.к.})/\rho_{ст.}}, \text{ където } \rho_{ст.} \text{ е плътността на стопилката.}$$

От анализа на последното равенство, може да се направи

извода, че скоростта на леене ще бъде  $\sqrt{(\rho_{л.к.} - \rho_n)}$  пъти по-малка от тази изчислена с моделните равенства. Следователно, за да се отчита влиянието на температурната разлика на газа между камерата с тигела за стопилка и тази от леярската кухня, моделните равенства трябва да се умножават с коефициент  $\varphi_2$  определен от равенство:

$$(17) \dots \varphi_2 = 1/\sqrt{(\rho_{л.к.} - \rho_n)}.$$

Ясно е, че моделното равенство (11) за скоростта на стопилката  $\nu$  трябва да се умножава с коефициент  $\zeta = \varphi_1 \cdot \varphi_2$

## 3. Експериментална част

Експерименталната проверка на получените моделни равенства беше извършена върху машина за леене с газово противоналягане тип ВП 400 при леене на алуминиева сплав и запълване на леярска кухня, състояща се от два симетрично разположени паралелепипеда. За целта бяха разработени методики за определяне всички параметри, участващи в моделните равенства. Измерванията се извършиха за три различни сечения на дросела, като за всяко от тях се проведени по пет опита. Резултатите са показани в таблица 1, заедно с теоретично изчислените стойности на параметрите.

## 4. Изводи

1. Изведени са инженерни моделни равенства, описващи газо- и хидродинамичните процеси, протичащи при леене с газово противоналягане и отчитащи конструктивните параметри на машина ВП 400.

2. Изведени са корекционни формули, даващи оценка за влиянието на различната температура на газа в камерите на машината върху скоростта на леене.

3. Получените експериментални резултати са с добро съвпадение с теоретично получените и са база за по-нататъшни изследвания.

## 5. Литература:

1. Кирилин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е., "Техническая термодинамика", Наука, Москва, 1979.

2. Рыжков Н.Ф., Гини Э.Ч., „Литье методом вакуумного всасывания”, Машиностроение, Москва, 1982.

3. Майоров В.Н., „Динамика заполнения форм с использованием низкого давления”, Литейное производство, 1980, №4, с. 24 - 28.

4. Чуркин Б.С., Шумихин Г.П., и др., „Расчет заполнения форм при литье вакуумным всасыванием”, Изв.Вузов, Черная металлургия, 1979, №1, с. 125 - 128.

5. Яковлев Ю.П., Савченко Е.Г., Одеский Э.Я., „Моделирование процесса заполнения форм при литье под низким давлением”, В кн. „Новое в литье под низким давлением”, Киев, Наукова думка, 1979, с.78 – 80.

Таблица 1

| № на<br>отливка     | $T_M$<br>[°K] | $\tau_{л.тр.}^{изм.}$<br>[s] | $\tau_{л.к.}^{изм.}$<br>[s] | $\Delta P_{л.тр.}^{изм.}$<br>·10 <sup>-5</sup> [ Pa] | $\Delta P_{л.тр.}^{изч.}$<br>·10 <sup>-5</sup> [ Pa] | $\nu_{л.тр.}^{изм.}$<br>[m/s] | $\nu_{л.тр.}^{изч.}$<br>[m/s] | $\Delta P_{л.к.}^{изм.}$<br>·10 <sup>-5</sup> [ Pa] | $\Delta P_{л.к.}^{изч.}$<br>·10 <sup>-5</sup> [ Pa] | $\nu_{л.к.}^{изм.}$<br>[m/s] | $\nu_{л.к.}^{изч.}$<br>[m/s] |
|---------------------|---------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1                   | 953           | 5                            | 3                           | 0,18                                                 | 0,2                                                  | 0,14                          | 0,12                          | 0,025                                               | 0,02                                                | 0,470                        | 0,52                         |
| 2                   | 953           | 4,8                          | 2,6                         | 0,18                                                 | 0,2                                                  | 0,145                         | 0,12                          | 0,0025                                              | 0,02                                                | 0,54                         | 0,52                         |
| 3                   | 953           | 5                            | 2,8                         | 0,19                                                 | 0,2                                                  | 0,14                          | 0,12                          | 0,0025                                              | 0,02                                                | 0,50                         | 0,52                         |
| 4                   | 951           | 5,6                          | 2,8                         | 0,19                                                 | 0,2                                                  | 0,126                         | 0,12                          | 0,0025                                              | 0,02                                                | 0,50                         | 0,52                         |
| 5                   | 953           | 5,4                          | 2,8                         | 0,19                                                 | 0,2                                                  | 013                           | 0,12                          | 0,0025                                              | 0,02                                                | 0,50                         | 0,52                         |
| 6                   | 953           | 5,5                          | 3                           | 0,19                                                 | 0,2                                                  | 013                           | 0,12                          | 0,0025                                              | 0,02                                                | 0,47                         | 0,52                         |
| 7                   | 953           | 5,6                          | 2,7                         | 0,195                                                | 0,2                                                  | 0125                          | 0,12                          | 0,025                                               | 0,02                                                | 0,52                         | 0,52                         |
| 8                   | 953           | 5,6                          | 2,6                         | 0,2                                                  | 0,2                                                  | 0125                          | 0,12                          | 0,025                                               | 0,02                                                | 0,54                         | 0,52                         |
| 9                   | 948           | 5,7                          | 2,8                         | 0,19                                                 | 0,2                                                  | 0,12                          | 0,12                          | 0,025                                               | 0,02                                                | 0,50                         | 0,52                         |
| 10                  | 951           | 5,8                          | 3,1                         | 0,21                                                 | 0,2                                                  | 012                           | 0,12                          | 0,0275                                              | 0,02                                                | 0,45                         | 0,52                         |
| 11                  | 952           | 5,5                          | 2,9                         | 0,2                                                  | 0,2                                                  | 013                           | 0,12                          | 0,0275                                              | 0,02                                                | 0,48                         | 0,52                         |
| 12                  | 953           | 5,7                          | 3                           | 0,2                                                  | 0,2                                                  | 0,12                          | 0,12                          | 0,0275                                              | 0,02                                                | 0,47                         | 0,52                         |
| 13                  | 953           | 5,8                          | 3,1                         | 0,21                                                 | 0,2                                                  | 0,12                          | 0,12                          | 0,025                                               | 0,02                                                | 0,45                         | 0,52                         |
| 14                  | 953           | 5,8                          | 3,2                         | 0,205                                                | 0,2                                                  | 0,12                          | 0,12                          | 0,025                                               | 0,02                                                | 0,44                         | 0,52                         |
| $\frac{\sum Xi}{i}$ | 952,3         | 5,48                         | 2,88                        | 0,195                                                | 0,2                                                  | 0,128                         | 0,12                          | 0,025                                               | 0,02                                                | 0,488                        | 0,52                         |