

способов повышения качества металла отливок [Текст] / В.Ю. Селиверстов. // Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. Днепропетровск: Системные технологии. - 2007. – Том 10. – С. 25 – 35. 15. Селиверстов, В.Ю. Перспективы применения комбинированных способов управления структурообразованием литого металла [Текст] / В.Ю. Селиверстов, Ю.В. Доценко / Вісник ДДМА. - 2009. - № 1 (15). – С.267-273.

*Поступила в редколлегию 13.03.2010*

**УДК 621.745.002.645:533**

**В. Ю. СЕЛІВЬОРСТОВ**, канд. техн. наук, доцент, НМетАУ, м.

Дніпропетровськ

**П. Д. КУЩ**, асп., НМетАУ, м. Дніпропетровськ

### **ДИВЕРСИФІКАЦІЯ РЕЖИМІВ ЗДІЙСНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВИЛИВКІВ СПОСОБОМ ЛВМ**

Приведені дані аналітичних досліджень та результати натурних випробувань технології газодинамічного впливу на розплав при литті по витоплюваним моделям. Показана можливість диверсифікації режимів використання означеного активного фізичного методу впливу та перспективність проведення подальших досліджень.

Ключові слова: режим, газодинамічний вплив, лиття по витоплюваним моделям, механічні та фізичні властивості.

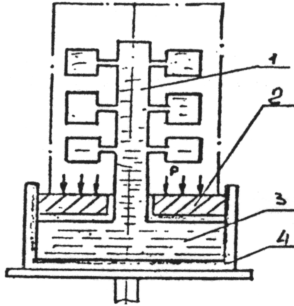
Information of analytical researches and results of models tests of technology of gaz-dynamyc influence is resulted on fusion at casting on the smelted models. Possibility of diversification of the modes of the use of the indicated active physical method is rotined influences and perspective of leadthrough of subsequent researches.

Keywords: mode, gaz-dynamyc influencing, casting on the melted models, mechanical and physical properties

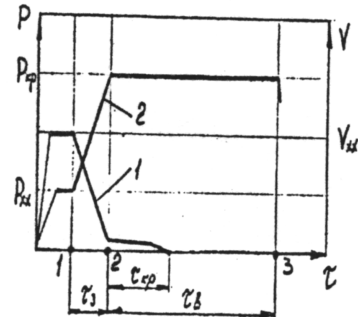
**Вступ.** Підвищення якості виливків при одночасному зниженні матеріальних та енергетичних втрат на їхнє виробництво може бути досягнуто за рахунок розробки та впровадження спеціальних методів зовнішніх впливів на метал виливка, що твердіє, серед яких тиск займає особливе місце завдяки різноманітності форм прикладення та ефективності впливу на різних етапах формування литої заготовки. До цих методів можна віднести також технологію газодинамічного впливу на розплав в ливарній формі.

**Аналіз попередніх публікацій.** При литті по витоплюваним моделям виливків складної конфігурації, що мають тонку протяжну стінку виникають проблеми, пов'язані з утворенням недоливів, неспаїв та інших дефектів. Особливо при виготовленні таких виливків із алюмінієвих сплавів не знайшло значного розповсюдження, в тому числі з тих причин, що невеликий металостатичний напір ( $< 0,01$  МПа) є недостатнім для заповнення протяжних тонких стінок та якісного живлення. Підвищення ж температури форм призводить до погіршення механічних властивостей, а підвищення температури металу – до утворення усадкових дефектів [1]. Для усунення (недопущення) зазначених дефектів окрім оптимізації конструкції ливниково-живильної системи та термочасових

параметрів процесів заливання і охолодження виливків, можливе застосування технологічних процесів, що використовують тиск в якості активного чинника впливу на процеси формування якісного виливка. Зокрема, відомий спосіб лиття по витоплюваним моделям з кристалізацією під тиском – ЛВМКТ (рис.1, 2), розроблений спеціалістами Новосибірського авіаційного виробничого об'єднання [1 - 3].



1-оболонкова форма, 2-пуансон, 3-розплав, 4-металоприймач  
Рисунок 1 –Схема установки для реалізації процесу ЛВМКТ



1-характер зміни швидкості руху поршня, 2-тиск робочої рідини  
Рисунок 2 – Зміна швидкості руху поршня і тиску робочої рідини в циліндрі

Під дією тиску розплав надходить до робочої порожнини оболонкової форми. Після закінчення заповнення тиск зростає до заданого значення  $P_{кр}$ , а потім залишається незмінним до кінця витримки виливка під тиском до повного затвердіння, після чого поршень автоматично переміщується вниз. Тривалість заливки  $\tau_3$  та витримки  $\tau_6$  розплаву під тиском задаються індивідуально для кожного виливка (блока);  $\tau_{кр}$  – фактична тривалість кристалізації виливка. Тиск  $p$  пуансона на розплав визначали розрахунком згідно геометричних параметрів поршня і пуансона, а також експериментально. Максимально допустимий тиск на розплав знаходили експериментально за результатами гідровипробувань оболонкової форми. За даними [1] оболонкова форма з сухим наповнювачем витримує внутрішній тиск рідини 0,5 – 0,6 МПа. Ті ж автори [4] при дослідженні гідравлічної міцності оболонкових форм прийшли до висновку, що існуючі методи контролю, що застосовують при ЛВМ для оцінки конструкційної міцності оболонкових форм [5] не дають повного уявлення про їх стійкість до руйнування під силовим впливом рідкого металу. Тому був розроблений оригінальний метод випробувань гідравлічної міцності оболонкових форм при різних способах їх виготовлення та формовки. Встановлено, що гідро міцність оболонкових форм, виготовлених за серійною технологією, коливається в межах 0,1 - 0,25 МПа. Руйнування технологічних проб при тиску повітря в контейнері 0,47 МПа відбувається при тиску глицерину 0,55 – 0,61 МПа, при цьому перепад тиску, який витримує оболонкова форма складає 0,08 – 0,14 МПа [4].

Наведені дані свідчать про перспективність використання підвищеного тиску під час кристалізації для забезпечення високих і стабільних властивостей металу при виготовленні заготовок, що виготовляються, зокрема, у формах ЛВМ. Використання технології ЛВМКТ дозволяє значно підвищувати механічні властивості алюмінієвих сплавів і сталі [1-3], але є суттєво обмеженим з точки

зору діапазону тиску, що використовується. Окрім того, реалізація цього способу потребує наявності специфічного обладнання, що обумовлює певні складнощі при вбудовуванні в діючий технологічний процес.

Відмітною особливістю технології газодинамічного впливу на розплав, що твердіє в ливарній формі є можливість передачі газового тиску безпосередньо рідкій фазі до моменту повного затвердіння вилівка після герметизації системи виливок - пристрій для введення газу за рахунок формування шару затверділого металу відповідної товщини на поверхні вилівка [6, 7]. Актуальним завданням представляється встановлення можливості та умов диверсифікації режимів технологічного процесу газодинамічного впливу та визначення ефективності зазначеної технології при литті по витоплюваним моделям.

**Метою** роботи є визначення можливості застосування газодинамічного впливу на розплав при литті по витоплюваним моделям без суттєвої зміни конструкції блоків, а також дослідження фізико-механічних властивостей металу циліндричних заготовок із сталі P18 у порівнянні з аналогічними характеристиками литого металу, отриманого за традиційною технологією.

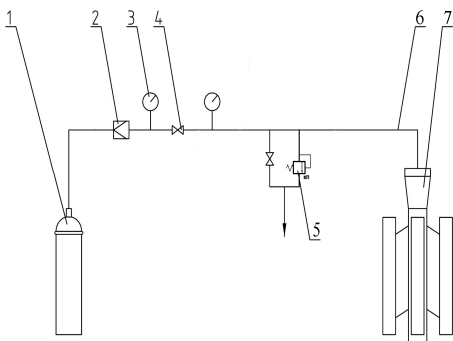
**Результати досліджень.** При здійсненні технології газодинамічного впливу, динаміка зміни тиску в системі виливок-пристрій для введення газу визначається динамікою зміни міцнісних властивостей шару затверділого металу, що збільшується від поверхні вилівка. За можливий максимальний рівень тиску газу (МПа) в певний момент часу може бути прийнято значення, близьке значенню тимчасового опору ( $\sigma_B$ ) затверділого шару з відповідною температурою і з урахуванням розтягуючих напруг, що виникають в твердій скоринці, які залежать від конфігурації і розмірів вилівка. При цьому напруги в скоринці, що росте, протягом всього процесу твердіння підтримуються практично на рівні найбільшого навантаження, передуючого руйнуванню. Даний варіант реалізації технології застосовний в умовах металевої форми і дозволяє добитися максимального результату з погляду якості литого металу (перш за все механічних властивостей), але призводить до деформації та руйнування вилівка. За умови стабільності геометричних розмірів вилівка, що твердіє в формі ЛВМ, як параметр, необхідний для розрахунку динаміки наростання тиску в системі виливок-пристрій для введення газу, представляється доцільним використання опору деформації матеріалу вилівка ( $\sigma$ ) у діапазоні робочих температур. Проте, при затвердінні металу в формі ЛВМ традиційної конструкції, особливо з колективною схемою живлення (центральний стояк-живильник-вилівок) дуже часто не виконується умова практично одночасного утворення рівномірної герметизуючої скоринки на усій поверхні блока виливків. В результаті, на момент часу, що відповідає формуванню поверхневої скоринки в найбільш масивній частині блока (стояку) і подачі газу, вилівки опиняються затверділими. В даному випадку реалізація «класичної» технології газодинамічного впливу не ефективна. Але можливе здійснення процесу за режимом, що передбачає використання міцнісних властивостей оболонкової форми, а не зростаючої поверхневої скоринки. Необхідною умовою при цьому є встановлення максимально можливого рівня газового тиску в системі блок-пристрій для введення газу.

В умовах ливарного цеху ВАТ «Дніпропетровський агрегатний завод» була випробувана технологія лиття і установка для здійснення газодинамічного впливу на розплав в керамічній формі ЛВМ при відливанні циліндричних заготовок із сталі Р18Л для виготовлення ріжучого інструменту. Отриманий хімічний склад сталі приведений в табл. 1. Діаметр виливка - 25 мм, висота - 200 мм. В конструкції експериментального модельного блока була змінена товщина щільового живильника з 6 мм до 18 мм з метою забезпечення більш тривалого затвердіння металу в живильнику.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі

Марка сталі	Вміст елементів, %						
	С	Cr	W	V	Mo	S	P
Р18Л	0,75	4,5	18,2	1,15	0,15	0,02	0,02

У порядок технологічних операцій виготовлення виливків за технологією ЛВМ були включені наступні: після заливки керамічної форми здійснювали введення пристрою подачі газу в розплав у верхню частину стояка; здійснювали витримку для герметизації системи виливок - пристрій подачі газу і подачу газу (аргону) під наростаючим тиском 0,1 – 0,3 МПа з використанням розробленої установки (рис. 3) [8].



1 - балон з аргоном, 2 – редуктор, 3 – манометр, 4 – вентиль, 5- перепускний клапан, 6 – трубопровід, 7 – ливарна форма.

Рисунок 3 – Схема пристрою для здійснення газодинамічного впливу на розплав у формі ЛВМ

Дослідження властивостей литого металу проводили в порівнянні з металом тієї ж марки, який одержаний за традиційною технологією за методикою, аналогічною у роботі [8].

Для дослідження механічних властивостей металу із виливків вирізали циліндричні зразки (рис. 2): одержані із застосуванням газодинамічного впливу - №№ 1, 2, 3; одержані за традиційною технологією - №№ 4, 5, 6. Пропорційно циліндричні зразки для механічних випробувань виготовляли по типу ІІІ (ГОСТ 1497-84) [8].

Твердість після загартування і відпуску визначали по ГОСТ 9013-59 на зразках, відібраних для механічних випробувань. Загартування проводили в соляній високотемпературній ванні при температурі  $1260 \pm 3^\circ\text{C}$  1,5 хв. з попереднім підігрівом при  $850 \pm 3^\circ\text{C}$  5-6 хв. в низькотемпературній соляній ванні. Охолодження зразків після загартування проводили в мастилі. Відпуск зразків проводили при температурі  $560^\circ\text{C}$  з витримкою впродовж однієї години і охолодженням на повітрі.

Щільність сталі досліджували методом гідростатичного зважування зразків в чотирихлористому вуглеці і на повітрі [9-11]. Зважування зразків проводили на аналітичних вагах моделі WA-21. Розрахунок проводили по формулі (1):

$$\rho = \frac{P}{P-Q}(\delta - \lambda) + \lambda \quad (1)$$

де P - маса зразка в повітрі, г;

Q - маса зразка в CCl<sub>4</sub>, г;

δ - щільність CCl<sub>4</sub> - 1,59590 г/м<sup>3</sup>;

λ - щільність повітря - 0,00122 г/м<sup>3</sup>

Особливістю виконаного розрахунку є врахування впливу температури навколишнього середовища на значення щільності повітря і CCl<sub>4</sub>. Температура повітря при вимірюванні складала 18,5 °С.

У таблиці 1 приведені результати випробувань з визначення механічних властивостей а також щільності литого металу, одержаного із застосуванням газодинамічного впливу в процесі твердіння у формі ЛВМ, а також металу, одержаного за традиційною технологією після термічної обробки.

Таблиця 1 – Фізико - механічні властивості сталі

№ зразка	$\sigma_e$ , кг/мм <sup>2</sup>	HRC	δ, %	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
1	162,2	59	3,25	8880
2	161,8	57	3,15	8879
3	162,1	57	3,13	8877
4	136,7	52	2,47	8751
5	135,5	51	2,49	8747
6	135,3	51	2,47	8748

## Висновки

1. В ході проведеної роботи встановлена можливість диверсифікації режимів здійснення технології газодинамічного впливу на розплави в ливарній формі при литті по витоплюваним моделям.

2. Встановлена можливість здійснення процесу за режимом, що передбачає використання міцніших властивостей оболонкової форми, а не зростаючої поверхневої скоринки. Необхідною умовою при цьому є визначення максимально можливого рівня газового тиску в системі блок-пристрій для введення газу.

3. В результаті досліджень властивостей литого металу, що отриманий за експериментальною технологією, в порівнянні з металом, який одержаний за традиційною технологією, встановлений позитивний вплив застосування газодинамічної дії на механічні властивості сталі Р18Л: тимчасовий опір збільшується на 15-16 %, твердість металу збільшується на 9 - 13 %, відносне подовження - на 25-35 %, а щільність на 1 – 1,5 %.

**Список літератури:** 1. Чернов, Н.М. Литье алюминиевых заготовок по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением [Текст] / Н.М. Чернов, А.И. Игнатов, В.Н. Гречко // Литейное производство. – 1995. № 2. – С. 12 - 13. 2. Чернов, Н.М. Формирование стальных отливок по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением [Текст] / Н.М. Чернов, М.Д. Пархоменко, В.Н. Гречко, Ю.А. Караник // Литейное производство. – 1993.- № 4. – С. 22 - 24. 3. Медведев, К.А. Литье по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением коррозионно-стойких сталей [Текст] / К.А. Медведев, Н.М. Чернов // Литейное производство. – 2006. № 1. – С. 20 - 23. 4. Чернов, Н.М. Исследование гидравлической прочности оболочковых форм [Текст] / Н.М. Чернов, Н.М. Гречко // Литейное производство. – 1995. № 6. – С. 24 - 25. 5.

Иванов, В.Н. Контроль при литье по выплавляемым моделям [Текст] / В.Н. Иванов // Литейное производство. – 1993. № 12. – С. 17 - 19. 6. Декларацийний патент, Україна МПК (2006) B22D 18/00 Пристрій для отримання виливків / Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В. № 28859 заявл. 03.08.2007, опубл. 25.12.2007 Бюл. № 21. 7. Декларацийний патент, Україна МПК (2006) B22D 18/00 Спосіб отримання виливків/ Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В. № 28858 заявл. 03.08.2007, опубл. 25.12.2007 Бюл. № 21. 8. Селівьорстов, В.Ю., Використання технології газодинамічного впливу на розплави при литті по витоплюваним моделям [Текст] / В.Ю. Селівьорстов, П.Д. Куш // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ» - 2010. - № 4 – С. 89 – 94. 9. Бетунер Л.М. Математические методы в химической технике / Л. Бетунер, М. Позин. – Л.: Химия, 1968. – 136 с. 10. Высококачественные чугуны для отливок / [Шумихин В.С., Кутузов В.П., Храменко А. И. и др.]; – М.: Машиностроение, 1982. – 222 с. 11. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом / [Захарченко Э.В., Левченко Ю.Н., Горенко В.Г. и др. ] – К.: Наук. думка, 1986. – 248 с.

*Поступила в редколлегию 13.03.2010*

**УДК 621.979.1**

**Ю.А. ПЛЕСНЕЦОВ**, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»  
**А.С. ЗАБАРА**, студент, НТУ «ХПИ»

### **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗАМКНУТОГО СЕЧЕНИЯ**

Розроблена технологічна схема профілювання гнутих профілів  $D=20$  мм і  $s=1,0$  мм замкнутого перетину для силового каркасу меблів. Методами планування експерименту отримані математичні моделі процесу, що описують радіальну деформацію металу в місці згинання на  $360^\circ$  і кут розпружинення сформованої труби.

The flowsheet of profiling of the bent types of the closed section for power framework of furniture of  $D=20$  mm of  $s=1,0$  mm. The methods of planning of experiment are get the mathematical models of process describing radial deformation of metal in the place of bend on  $360^\circ$  and corner of springing of the formed pipe.

В последние годы все более четко прослеживается тенденция в изготовлении стальной мебели, для ее силового каркаса мебели. Они находят применение для различных конструкций: стол (компьютерный, офисный, банкетный, массажный и др.); стул (офисный, барный и др.); кресло; мягкая мебель и др.

Область применения гнутых профилей замкнутого сечения (ГПЗС) постоянно расширяется, спрос в Украине растет.

До настоящего времени ГПЗС небольших диаметров поставлялись в Украину исключительно из-за рубежа [1], в связи с чем, создание импортозамещающих технологий в Украине является важной и актуальной задачей.

Одним из основных вопросов, решаемых при разработке технологии производства гнутых профилей, является выбор режима профилирования [2].

Назначать оптимальный режим формовки следует с учетом параметров напряженно-деформированного состояния и механических свойств металла,