

Таблиця 1 - Механічні властивості металу виливків «Корпус помпи»

Сплав	Заливання	Межа міцності на розтягання, МПа	Максимальне подовження, %	Твердість НВ	Щільність, г/см <sup>3</sup>
АК9	Без модифікатора	215	2,2	68	2,726
	З модифікатором	255	4,3	72	2,747

Підвищення механічних властивостей обумовлене зміною мікроструктури металу виливків. Після модифікування вдалося подрібнити мікроструктуру приблизно в 1,5-2,5 разу. Будова дендритів стала дисперсною, при цьому вдалося одержати більш рівномірний розподіл зерен по перетину зразка і стабілізацію їх розмірів. Також істотна зміна морфології дендритів. Дендрити нерегулярної форми в результаті модифікування перетворилися в дендрити із зовнішніми контурами, близькими до сферичних.

У виливках вдалося практично повністю усунути шпаристість.

### Висновки

Аналіз технологічних режимів модифікування розплаву АК9 при отриманні виливків для лиття під тиском, показав, що механічні властивості збільшуються на 15-20% порівняно з немодифікованим станом. Практично повністю усувається шпаристість виливків. Після модифікування вдалося подрібнити мікроструктуру приблизно в 1,5-2,5 рази. Будова дендритів стала дисперсною, при цьому вдалося одержати більш рівномірний розподіл зерен по перетину зразка і стабілізацію їх розмірів. Дендрити нерегулярної форми в результаті модифікування перетворилися в дендрити із зовнішніми контурами, близькими до сферичних.

**Список літератури:** 1. Свойства расплавленных металлов [Текст] : Труды XVI Совещания по теории дитейных процессов / М.: Наука, 1974. - С. 78-82. 2. Немененок, Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов [Текст] / Б.М. Немененок - Мн. Технопринт, 1999. – 272 с. 3. Ефимов, В.А. Перспективы развития работ по применению внешних воздействий на жидкий и кристаллизующийся расплав [Текст] / В.А. Ефимов. - Киев: Изд. ИПЛ АН УССР. - 1983. - С. 3-65. 4. Борисов, Г.П. Давление в управлении литейными процессами [Текст] / Г.П. Борисов. – К.: Наукова думка, 1988.– 271 с. 5. Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях [Текст]/ А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, С.В. Момот, В.Н. Амитан. - Д.: Издательство «ВИК» - 2002. - 169 с.

*Поступила в редколлегию 11.02.2010*

**УДК 621.745.002.645:533**

**СЕЛІВЬОРСТОВ В. Ю.**, канд. техн. наук, доцент, НМетАУ, **КУЩ П. Д.**, НМетАУ (м. Дніпропетровськ)

### **ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ НА РОЗПЛАВ ПРИ ЛИТТІ ПО ВИТОПЛЮВАНІМ МОДЕЛЯМ**

Приведені результати промислових випробувань технології газодинамічного впливу на розплав в ливарній формі при виробництві циліндричних заготовок для ріжучого інструменту із сталі

P18 способом лиття по витоплюваним моделям. Отримані результати показали перспективність проведення подальших досліджень та використання зазначеного процесу.

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

The results of industrial tests of technology of gaz-dynamyc influence are resulted on fusion in a cast form at production of cylindrical semiss for a toolpiece from steel by the P18 method of casting on the smelted models. The got results rotined perspective of leadthrough of subsequent researches and use of this process.

Keywords: gaz-dynamyc influence, casting on the smelted models, mechanical properties.

**Вступ.** Однією з причин виникнення дефектів в литому металі є порушення нормального процесу живлення, часто пов'язаного з неможливістю підтримки в елементах живлення навіть атмосферного тиску із-за герметизації виливка у формі. При цьому, до найбільш поширених видів дефектів виливків при литті по витоплюваним моделям (ЛВМ) можна віднести саме шпаристість. Аналіз теоретичних, експериментальних робіт, а також досвід впроваджених у виробництво технологій показує, що при використанні активних методів зовнішніх фізичних впливів та управління структуроутворенням вдається не тільки значно понизити брак виливків, у тому числі і по цьому виду дефектів, але й підвищити механічні властивості литого металу.

**Аналіз попередніх публікацій та постановка задачі.** До методів активних фізичних впливів можна віднести вплив тиску на розплав, що кристалізується у ливарній формі: лиття під газовим, механічним або комбінованим тиском. При цьому, про можливості і перспективи застосування низького (до 0,5 МПа), середнього (0,6-20 МПа) і високого (понад 20 МПа) тиску при кристалізації розплавів для поліпшення якості литих заготовок опубліковано значну кількість даних [1-6]. Наголошується перспективність використання підвищеного тиску під час кристалізації для забезпечення високих і стабільних властивостей металу при виготовленні заготовок, що виготовляються, зокрема, у формах ЛВМ [7 - 9].

На кафедрі ливарного виробництва Національної металургійної академії України розроблена технологія газодинамічного впливу на розплав, що твердіє в ливарній формі [10, 11]. Відмітною особливістю даної технології є можливість передачі газового тиску безпосередньо рідкій фазі до моменту повного затвердіння виливка після герметизації системи виливок - пристрій для введення газу за рахунок формування шару затверділого металу відповідної товщини на поверхні виливка. Технологія була застосована при литті в металеву форму та показала свою ефективність з точки зору підвищення якості металу [12 - 15]. Проте, актуальним завданням представляється встановлення можливості та опробування зазначеної технології в інших теплофізичних умовах кристалізації виливка, при інших способах лиття.

**Метою** роботи є визначення механічних властивостей металу циліндричних заготовок із сталі P18, що кристалізується в формі ЛВМ при газодинамічному впливі у порівнянні з аналогічними характеристиками литого металу, отриманого за традиційною технологією.

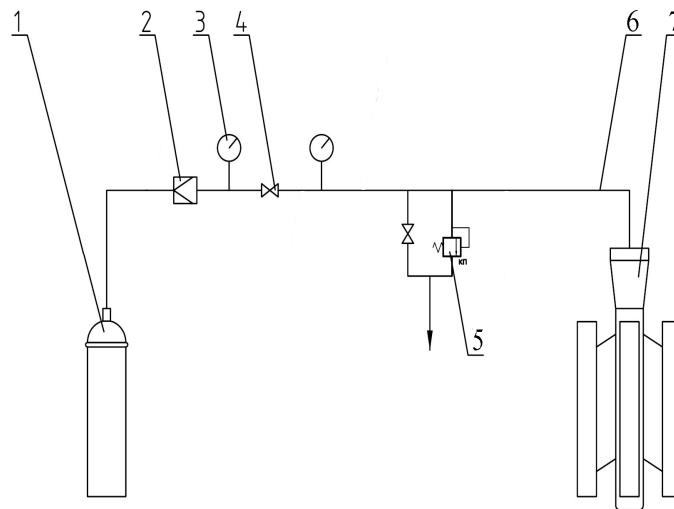
**Результати досліджень.** В умовах цеху точного лиття підприємства ТОВ «ИТЛ-Лассо» (м. Дніпропетровськ) була випробувана технологія лиття і

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 конструкцію експериментального блока виливків (модельного блока) були внесені зміни з метою забезпечення герметизації системи виливок-пристрій для введення газу впродовж мінімального проміжку часу та більш тривалого затвердіння металу в живильнику.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі

Марка сталі	Вміст елементів, %						
	С	Cr	W	V	Mo	S	P
Р18Л	0,72	4,1	18,0	1,1	0,1	0,03	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 - 3 МПа з використанням розробленої установки (рис. 1).



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

Рис. 1 – 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.

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). Розміри зразка представлені в таблиці 2.

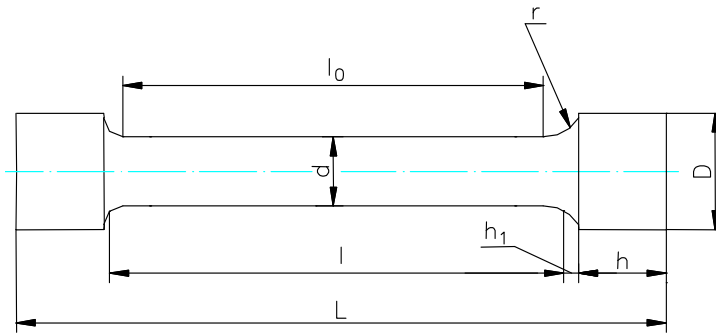


Рис. 2 – Пропорційний циліндричний зразок

Таблиця 2 – Розміри пропорційно циліндричного зразка, мм

d	$l_0=5d$	F	L	D	h	h <sub>1</sub>	R	L
6	30	28,27	$l_0=(0,5-2) d$	12	10	2,5	1,5	$1+2(h_1+h)$

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.

У таблиці 3 приведені результати випробувань з визначення механічних властивостей литого металу, одержаного із застосуванням газодинамічного впливу в процесі твердіння у формі ЛВМ, а також металу, одержаного за традиційною технологією після термічної обробки.

Таблиця 3 – Механічні властивості сталі

№ зразка	R <sub>max</sub> , кг	F, мм <sup>2</sup>	$\sigma_s$ , кг/мм <sup>2</sup>	HRC	$\delta$ , %
1	4868,1	28,27	172,2	62	3,55
2	4856,8		171,8	61	3,75
3	4865,3		172,1	61	3,73
4	3921,1		138,7	53	2,57
5	3887,1		137,5	52	2,59
6	3881,5		137,3	52	2,57

Структура металу в стояку і виливках експериментальних блоків відрізняється щільною дендритною будовою, практично позбавленою газоусадкових і ліквацийних дефектів на відміну від литого металу, одержаного за

традиційною технологією, який мав значну кількість пір. У мікроструктурі литої швидкорізальної сталі, одержаної за традиційною технологією, спостерігається значна структурна неоднорідність і, перш за все, наявність грубої скелетоподібної сітки евтектичних і вторинних карбідів по межах зерен металевої основи, що знижує міцнісні характеристики сталі. У мікроструктурі литої швидкорізальної сталі, одержаної за експериментальною технологією, структурна неоднорідність має вид тоншої сітки евтектики по межах зерен, що позитивним чином позначилося на механічних властивостях металу.

## **Висновки**

1. В ході проведеної роботи визначена можливість застосування технології газодинамічного впливу на розплави в ливарній формі при литті по витоплюваним моделям, а також перспективність проведення подальших досліджень в цьому напрямку.

2. Дослідження структури металу в стояку і виливках експериментальних блоків виявили відсутність газоусадкових і ліквідаційних дефектів на відміну від литого металу, одержаного за традиційною технологією, який мав значну кількість пір. У мікроструктурі сталі, одержаної за експериментальною технологією, структурна неоднорідність має вид тоншої сітки евтектики по межах зерен, на відміну від наявної грубої скелетоподібної сітки евтектичних і вторинних карбідів по межах зерен металевої основи сталі, одержаної за традиційною технологією.

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 швидкорізальної сталі Р18: тимчасовий опір збільшується на 14-16%, твердість металу збільшується на 15 - 16 %, а відносне подовження - на 30-45 %.

**Список літератури:** 1. Борисов, Г.П. Давление в управлении литейными процессами [Текст] / Г.П. Борисов. – К.: Наукова думка, 1988.– 271 с. 2. Ефимов, В.А. Перспективы развития работ по применению внешних воздействий на жидкий и кристаллизующийся расплав [Текст] / Влияние внешних воздействий на жидкий и кристаллизующийся металл // Под ред. В.А. Ефимова. - Киев: Изд. ИПЛ АН УССР. - 1983. - С. 3-21. 3. Батышев, А.И. Кристаллизация металлов и сплавов под давлением / А.И. Батышев. – М.: Металлургия, 1990. – 144 с. 4. Скворцов, А.А. Влияние внешних воздействий на процесс формирования слитков и заготовок [Текст] / А.А. Скворцов, А.Д. Акименко, В.А. Ульянов– М.: Металлургия, 1995. – 272 с. 5. Ефимов, В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов [Текст] / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1995. – 272 с. 6. Батышев, А.И. Штамповка жидкого металла (Литье с кристаллизацией под давлением) [Текст] / А.И. Батышев, Е.М. Базилевский, В.И. Бобров, Ф.А. Мартынов, Ю.А. Евстратов. – М.: Машиностроение, 1979. – 200 с. 7. 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. 8. Чернов, Н.И. Литье алюминиевых заготовок по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением [Текст] / Н.И. Чернов, А.И. Игнатов, В.Н. Гречко // Литейное производство. – 1995. № 2. – С. 12 - 13. 9. 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. 10. Деклараційний 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. 11. Деклараційний 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. 12. Селівьорстов, В.Ю. Дослідження газодинамічного впливу на властивості литої вуглецевої сталі [Текст] / В.Ю. Селівьорстов // Теорія і практика металургії. – 2007. - № 4-5. – С. 22 - 25. 13. Селиверстов, В.Ю. Влияние газодинамического воздействия на распределение сульфидных включений в цилиндрической отливке из углеродистой стали, затвердевающей в кокиле [Текст] / В.Ю. Селиверстов, Т.В. Михайловская, Ю.В. Доценко, Ю.А. Мушенков // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2009. - №5. - С. 40 – 43. 14. Селівьорстов, В.Ю. Особливості структуроутворення литої вуглецевої сталі при газодинамічному впливі [Текст] / В.Ю. Селівьорстов, В.Є. Хричиков, В.З. Куцова, О.А. Носко, Ю.В. Доценко, П.Д. Куц // Теорія і практика металургії. – 2009. - № 5-6. – С. 80-85. 15. Selivorstov, V. Al-Si alloys structure formation using gaso-dynamic modification [Текст] / Selivorstov V., Dotsenko Y., Borodianskiy K., Kossenko A., Zinigrad M. // Proceedings of the 8th Israel-Russian Bi-National Workshop [The Optimization of the Composition, Structure and Properties of Metals, Oxides, Composites, Nano- and Amorphous Materials] (Jerusalem, Israel, June 28 – July 03, 2009). – The Israeli Academy of Science and Humanities, The Russian Academy of Science, p. 143-150.