

УДК 621.74.043:669.71

С.В. Малых, канд. экон. наук, доц., Одес. нац. политехн. ун-т,
В.В. Мацейчук, инженер,
А.А. Радинский, инженер,
ВП "Интерметалл", г. Одеса

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕРИЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ С ВАКУУМОМ СЕКЦИЙ РАДИАТОРОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

С.В. Малых, В.В. Мацейчук, А.А. Радинський.
Розробка технології виготовлення та модернізація серійного обладнання для лиття під тиском з вакуумом секцій радіаторів з алюмінієвих сплавів. Представлено результати досліджень процесу лиття теплообмінників із сплавів АК12М2 та АК12. Розроблено технологію лиття під тиском біметалевих радіаторів із централізованою системою вакуумування та застосуванням 45-ти відсоткового повернення.

S.V. Malykh, V.V. Matsivchuk, A.A. Radinsky.
Manufacture technology development and modernization of standard equipment for vacuum die casting of radiator sections from aluminium alloys. The results of investigating the process of casting heat-exchangers made of AK12M2 and AK12 alloys are presented. The technology of die casting of bimetallic heaters with the centralized vacuumization system and application of 45 % return is developed.

Методом литья под давлением получают разнообразную номенклатуру деталей и готовых изделий преимущественно из алюминиевых сплавов массой 0,005...34 кг, габаритами до 200 мм и толщиной стенки 1...20 мм [1].

В структуре производства отливок промышленно развитых странах на отливки из алюминиевых сплавов приходится от 13 до 28 %, а в Украине менее 2 % [2]. Это явление обусловлено слабым развитием отечественного транспортного машиностроения, а также низким объемом применения алюминиевых сплавов в строительстве и бытовой технике. Например, только в странах Западной Европы ежегодно литьем под давлением производится более 27 млн. секций отопительных радиаторов из алюминиевых сплавов АК12М2 и АК12 [3]. В Украине секции радиаторов отопления отливают преимущественно из серого чугуна, поэтому радиаторы имеют в 4...7 раз большую массу и на 17...30 % меньшую теплоотдачу с рабочей поверхности в отапливаемое помещение.

Высокая потребность в строительстве в радиаторах из алюминиевых сплавов на 85 % покрывается за счет импорта. Для изготовления литых секций необходимо современное оборудование, в частности, машины литья под давлением (ЛПД), и технологический процесс получения секций. Однако в Украине отсутствует серийное производство таких машин, а на 150 предприятиях частично загружены или вообще простаивают более двух тыс. устаревших машин ЛПД [4]. В свое время они выпускались заводом "Литмаш" (г. Тирасполь).

Отливка секции относится к высшей категории сложности и ее невозможно получить на устаревшем оборудовании. Приобретение современных машин ЛПД совместно с ноу-хау на технологию производства конкурентоспособных отливок из алюминиевых сплавов стоит до нескольких миллионов долларов США [5]. Поэтому разработка отечественной технологии литья под давлением секций радиаторов из алюминиевых сплавов с использованием имеющихся на предприятиях, но устаревших и изношенных машин ЛПД, посредством их модернизации является важной задачей.

На решение этой важной народнохозяйственной проблемы были направлены исследования, проводимые в инженерном производственно-научном центре литья под давлением (г. Одесса), Одесском национальном политехническом университете и ВП "Интерметалл".

Объектом исследования выбран узел прессования машины ЛПД мод. 71109. Для проведения работ были изготовлены и установлены в узле прессования машины датчики перемещений и тензодатчики для фиксации следующих параметров:

— перемещений — прессующего поршня, поршня мультипликатора, золотника мультипликатора;

— давления — рабочей жидкости в поршневой полости цилиндра, рабочей жидкости в штоковой полости цилиндра прессования; в разделителе аккумулятора; азота в надпоршневой полости разделителя аккумулятора.

Сигналы от тензодатчиков подавались на осциллограф.

Опыты проводились при литье деталей массой 0,42 кг из алюминиевого сплава АК12 при скорости прессования 0,2...3,0 м/с, давлении прессования и под прессовку до 300 кг/см², температуре сплава 670...680 °С; температуры пресс-формы 140...160 °С.

Плавка металла и рафинирование проводилась в газовых “Колеман” и электрических САТ печах емкостью 250 кг. В качестве шихтовых материалов для приготовления алюминиевых сплавов применялись:

— сплав алюминиевый литейный в чушках АК12М2 — 55 % и возврат собственного производства — 45 %;

— сплав алюминиевый литейный в чушках АК12 — 55 % и возврат собственного производства — 45 %.

Возврат в количестве 45...50 % образуется при литье тонкостенных отливок, в т.ч. секций радиаторов, из-за низкой массы отливки по сравнению с литниковой системой. Например, масса монометаллической секции радиатора составляет ~ 1,75 кг, а литниковой системы ~ до 1,85 кг.

Определение химического состава сплавов на содержание основных компонентов (Al, Si, или Al, Si, Cu), а так же 16 видов примесей производилось на приборе для спектрального анализа “Spektrolab”. Газосодержание в жидком сплаве определялось методом отбора проб для анализа на вакуумной установке по методике Гудченко. Пористость сплавов оценивалась на технологических пробах по методике ВИАМ. Механические свойства сплавов фиксировались на стандартных образцах, отливаемых в кокиль.

Проливаемость ребер, герметичность, шероховатость литой поверхности, а также уровень и виды брака отливок свидетельствовали о качестве секций радиаторов.

Соответствие расчетных и заданных параметров прессования фактическим, которые использовались при литье под давлением в производстве секций радиаторов, контролировалось посредством прибора ДС-1000 для технического аудита машин ЛПД.

Для получения необходимого качества отливок узел прессования машины должен стабильно обеспечивать заданные значения давления прессования P_n , давления подпрессовки $P_{под}$, скорости прессования $V_{пр}$, путь движения пресс-поршня по длине камеры прессования S . На машине ЛПД мод. 71109 эти параметры регулируются посредством настройки дросселя, вращением его штурвала на определенное число оборотов, например, от 3 до 12.

Влияние положения дросселя на изменение усилий прессования P_n и $P_{под}$ при трех оборотах дросселя в период подпрессовки P'_n и $P'_{под}$ и при 12 оборотах дросселя в период прессования τ_n представлено на рис. 1.

Осциллограмма свидетельствует о том, что характеристики давлений практически идентичны при 3 и 12 оборотах настройки дросселя. Отличие заключается лишь в разном времени достижения максимального значения давлений: на 35 % меньше для P_n и на 23 % для $P'_{под}$ при 12 оборотах дросселя.

Влияние количества оборотов дросселя на изменение максимальной скорости прессования $V_{пм}$, пути разгона S_p и времени разгона τ_p пресс-поршня представлены на рис. 2.

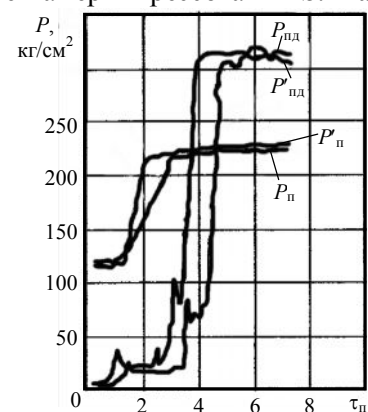


Рис. 1. Осциллограммы изменения давлений в зависимости от настройки дросселя

Графики динамических характеристик свидетельствуют о том, что максимальная скорость прессования (кривая 1) равна ~ 3 м/с, отклонения от заданных параметров P_n , $P_{нд}$, $V_{пр}$ и S_n при испытаниях составили 15...25 % от необходимых по технологии ± 5 %.

Для литья секций радиатора из алюминиевого сплава, например АК12М2, по методике [3] определили необходимую величину скорости прессования

$$V_{пр} = \frac{KV_{пс}\Phi_{пит}}{\Phi_{пр}}, \quad (1)$$

где $K=(1,1...1,3)$ — коэффициент, учитывающий гидравлическое сопротивление литниковой системы;

$V_{пс}$ — средняя скорость впуска, м/с;

$\Phi_{пит}$, $\Phi_{пр}$ — площадь сечения питателей и камеры прессования, соответственно, см^2 .

Для литья изделий с толщиной стенки 1,1...2,5 мм значение $V_{пс}$ должно быть 15 м/с, поэтому при $\Phi_{пр}=38,5 \text{ см}^2$ и $\Phi_{пит}=7,95 \text{ см}^2$

$$V_{пр} = \frac{(1,1...1,3) \cdot 15 \cdot 38,5}{38,5} = (3,4...4,0) \text{ м/с}.$$

Если сопоставить результаты расчета с максимальной величиной скорости прессования $V_{пм}$ при $n=12$ (см. рисунок 2, кривая 1), то ее величина составляет ~ 3 м/с. Таким образом, при модернизации серийной машины значение $V_{пм}$ должно быть увеличено до 5...6 м/с — гарантированного значения для новой машины.

Для обеспечения заполнения тонких высоких ребер в секции радиатора давление прессования P_n принималось на уровне 60 кг/см^2 , а давление подпрессовки $P_{нд}$ определяли по формуле [3]

$$P_{под} = \frac{P_2\Phi_{пц}}{\Phi_{пр}}, \quad (2)$$

где P_2 — расчетное давление гидропровода, кг/см^2 ;

$\Phi_{пц}$ — площадь цилиндра прессования, см^2 .

При $P_2=135 \text{ кг/см}^2$ и $\Phi_{пц}=490,6 \text{ см}^2$ определим

$$P_{под} = \frac{135 \cdot 490,6}{38,5} = 1720 \text{ кг/см}^2.$$

При исследовании влияния методов рафинирования алюминиевых сплавов АК12М2 и АК12 применялись: традиционный рафинирующий материал — гексахлорэтан; импортные — MIKROSAL ALT 100; EKORAF-1; DEGASAL T 200; вакуумирование; комбинированный метод “DEGASAL T 200 + вакуумирование”. Установлено, что применение 0,6 % гексахлорэтана для рафинирования не обеспечивает стабильности свойств сплава по механическим свойствам в соответствии с требованиями ГОСТ, а исходная пористость сплава соответствующая, 4...5 баллу (по шкале ВИАМ), уменьшается до 3 балла. Импортные материалы обеспечивают 2...3 балл пористости. Комбинированный метод “DEGASAL T 200 + вакуумирование” позволяет получить 1...2 балл, стабильность механических свойств (σ_b , δ , НВ) по ГОСТ 1583-93 на пробах и образцах для испытаний, а так же экологичность процесса рафинирования. Высокий технологический эффект от использования комбинированного метода объясняется следующим образом. Растворенный в алюминиевом сплаве водород может удаляться как самостоятельно, если пузырек газа достигает критического значения $r_{кр}$, либо в составе комплексов, которые он обра-

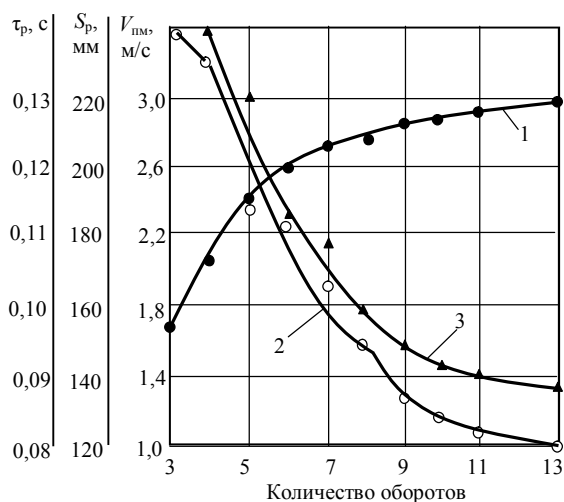


Рис. 2. Изменение динамических характеристик прессования: 1 — максимальной скорости $V_{пм}$; 2 — пути разгона пресс-поршня S_p ; 3 — времени разгона пресс-поршня τ_p

зует с окислами алюминия ($Al_2O_3+nH_2$). В расплаве зародыш газового пузырька может существовать при соблюдении неравенства

$$P_{H_2} \geq P + \rho gh + \frac{2\sigma}{r_{кр}}, \quad (3)$$

где P_{H_2} — внутреннее давление водорода в пузырьке, Па;

P — атмосферное давление, Па;

ρ — плотность, кг/м³;

g — ускорение свободного падения, м/с²;

h — высота столба расплава в тигле, м.

Дегазирующее химическое средство “DEGASAL T 200”, вводимое на дно тигля и разлагающееся с выделением азота, поднимает вверх комплексы ($Al_2O_3+H_2$) и нарушает равновесие в системе “расплав — растворенный газ”. Последующее вакуумирование интенсифицирует процессы всплытия комплексов ($Al_2O_3+H_2$), а так же зарождения пузырьков водорода размером больше $r_{кр}$.

Анализ условий теплопередачи через стенку с поверхности секций радиаторов из алюминиевых сплавов позволил установить, что основным фактором является коэффициент теплоотдачи с внешней ребристой поверхности радиатора. По результатам анализа предложено изменить форму и длину ребер, а так же расстояние между ними и наружной поверхностью. Это позволило поднять эффективность теплоотдачи до 170 Вт, что соответствует аналогичному показателю, достигнутому в лучшем иностранном аналоге — модуль Global Style 500 фирмы “GLOBAL” (Италия). На конструкцию новой секции радиатора получено положительное решение на выдачу патента и свидетельство на ноу-хау “Радиатор” [6].

Исследование совместного влияния рассчитанных параметров P_n , $P_{пл}$, $V_{пр}$, а так же принятых температур сплава (680...690 °С), пресс-формы (180...190 °С) и глубины вакуумирования пресс-формы (0,05...0,5 кг/см²) позволили разработать промышленную технологию литья под давлением качественных монометаллических секций радиатора из алюминиевого сплава АК12М2 и биметаллических из сплава АК12, армированного стальной трубкой с межцентровым расстоянием 500 и 300 мм. Указанные радиаторы сертифицированы в Украине и России.

На основе проведенных исследований были модернизированы серийные машины ЛПД мод. 71108, а так же CLOO-1000 и CLH-630, которые совместно с системой централизованного вакуумирования пресс-формы внедрены в новом цехе литья под давлением ВП “Интерметалл” (г. Одесса) для производства биметаллических радиаторов новой конструкции под товарным знаком “ТЕМАКС”.

Учитывая изложенное, можно сделать следующие выводы:

— Впервые разработана технология литья под давлением секций радиаторов из алюминиевых сплавов АК12М2 и АК12 в вакуумируемые пресс-формы с использованием модернизированного серийного оборудования.

2. Разработанная технология с элементами “ноу-хау” и модернизированное оборудование внедрено на предприятие ВП “Интерметалл” (г. Одесса) при серийном производстве сертифицированных отопительных биметаллических радиаторов из секций на основе алюминиевого сплава АК12, выплавленного из шихты с содержанием возврата 45 %.

Литература

1. Иванова Л.А. Возможности повышения плотности тонкостенных деталей из алюминиевых сплавов при литье под давлением / Иванова Л.А., Мацийчук В.В. // Материалы VIII междунар. конф. “Пути повышения качества и экономичности литейных процессов”. — Одесса: ОНПУ, 2004. — С. 7 — 10.
2. Козлов Л.Я. Производство отливок в мире // Литейщик России. — 2004. — № 2. — С. 11.
3. Иванова Л.А. Теория и практика литья под давлением алюминиевых сплавов / Иванова Л.А., Мацийчук В.В. — Одесса: ОНПУ, 2005. — С. 155, 190 — 192.

4. Крейцер А.А. Литье под давлением: современные достижения и тенденции развития // Оборудование и инструмент. — 2004. — № 10. — С. 46 — 48.
5. Мальх С.В. Рыночная оценка инноваций в машиностроении. — Одесса: ОНПУ; ИЭУС, 2004. — 229 с.
6. Мацийчук В.В. Радиатор. Свидетельство на “ноу-хау” № 0555595, выданное всемирным ассоциативным комитетом изобретений по системе ВОИС от 02.06.2004 г.

Поступила в редакцию 16 апреля 2005 г.
