

$\sigma_b = 381$, $\sigma_{0,2} = 178$ МПа, $\delta = 15$ %. Выдержки при температуре нагрева под закалку более 10 мин приводили к уменьшению σ_b .

В литом состоянии механические свойства отливок из исследованного сплава были следующими: $\sigma_b = 234$ МПа, $\sigma_{0,2} = 135$ МПа, $\delta = 4,5$ %.

Таким образом, наиболее эффективным режимом термической обработки тонкостенных отливок из немодифицированного сплава AlSi7Mg0,3, изготовленных способом ЛКД, является режим Т6×5: нагрев в течение 2 мин до 540 °Р, выдержка 5 мин, охлаждение в воде при 20 °Р и старение при 160 °Р, 4 ч, охлаждение на воздухе.

Литература

1. Кристаллизация металлов и сплавов под давлением. – 2-е изд./ Батышев А.И.: М.: Металлургия, 1990. – 144 с.
2. Влияние скоростей охлаждения и течения расплава на структуру отливок при литье с кристаллизацией под давлением / Станчек Л., Батышев А.И., Ванко Б., Седлачек Е.: М.Литейное производство, 2011, № 3. – с. 14-20.
3. Поверхностное упрочнение отливок в процессе их производства/ И.М. Абачараев, А.Р. Юсупов, Н.К. Санаев: Известия МГТУ «МАМИ», 2010, №1, с. 83-85.

Пуансонное прессование затвердевающих отливок из силуминов

д.т.н. Батышев А.И.¹, д.т.н. Батышев К.А.¹,
к.т.н. Л. Станчек², к.т.н. Смолькин А.А.¹, к.т.н. Шрамко Т.Я.¹.

¹Университет машиностроения, г. Москва
8 (495) 683-9972. (konstbat@rambler.ru).

²Институт технологии и материалов Словацкого технического университета,
г. Братислава, Республика Словакия.
8-10-421-264-36-80-73 (ladislav.stancek@stuba.sk).

Аннотация. Приведены сведения о тепловых процессах, происходящих в формирующихся отливках типа стакана из силуминов при литье с кристаллизацией под давлением (пуансонное прессование), об их структуре и механических свойствах.

Ключевые слова: отливка, литьё, давление, тепловые процессы, свойства.

Литьем с кристаллизацией под давлением (ЛКД), используя схему пуансонного прессования [1...3], изготавливают втулки, отливки типа стакана, заготовки корпусных деталей и поршней.

При пуансонной схеме прессования расплав 3 (рисунок 1) свободно заливают в матрицу 2, смонтированную на столе гидравлического пресса, и затем под действием выступающей части пуансона 1 выдавливают вверх до полного заполнения рабочей полости прессформы. Отливка 5 затвердевает под давлением прессующего пуансона.

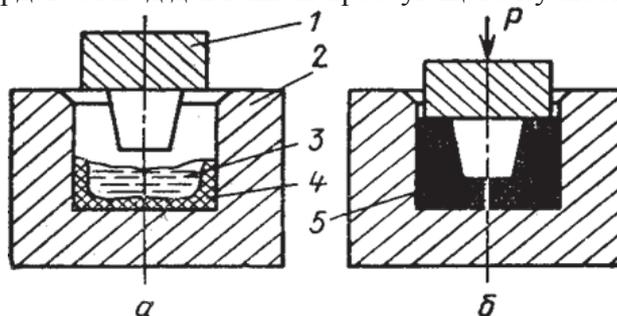


Рисунок 1. Схема пуансонного прессования при ЛКД:

а – перед внедрением пуансона; *б* – выдержка под давлением; 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – расплав; 4 – затвердевшая корка; 5 – отливка

Особенностью схемы пуансонного прессования является то, что пуансон своей выступающей частью вначале соприкасается с расплавом 3 и вытесняет его выше уровня заливки.

Пуансон не соприкасается с вертикальной коркой 4, образовавшейся до его внедрения в не затвердевший сплав. Таким образом, формообразование (оформление контуров) отливки 5 частично происходит при заливке расплава в матрицу и выдержке в ней до подхода пуансона, а заканчивается после внедрения последнего в расплав.

Опыты проводили на отливках типа стакана с наружным диаметром 60 мм, высотой 60 мм и толщиной стенки 5, 10, 15 и 20 мм, изготавливаемых из алюминия А7, алюминиевых сплавов АК7ч (АЛ9), АК12 (АЛ2) и АК18.

Температуру формирующихся отливок измеряли термопарами типа КТХА-С (ГОСТ 23847-79) с наружным диаметром стальной оболочки 1,5 мм и незащищенным спаем (ХА-проволока диаметром 0,2 мм).

На рисунке 2 приведена схема установки термопар в полости пресс-формы при изготовлении отливки толщиной 15 мм. Термопары 7 закрепляли в пуансоне 6, а термопару 4 – в кольце съемника 2 таким образом, чтобы они измеряли температуру в поперечном сечении вертикальной стенки формирующейся отливки в точках, отстоящих от рабочей поверхности матрицы 2 на расстояниях 3, 6, 9 и 12 мм (рисунок 2, а), или на разных уровнях по высоте (рисунок 2, б), но на одинаковом расстоянии (9 мм) от рабочей поверхности матрицы. Показания всех термопар и датчика давления (тензометрической мессдозы, смонтированной в прессующем пуансоне) записывали на ленте светолучевого осциллографа НО 43.1 или компьютера в координатах «измеряемый параметр – время».

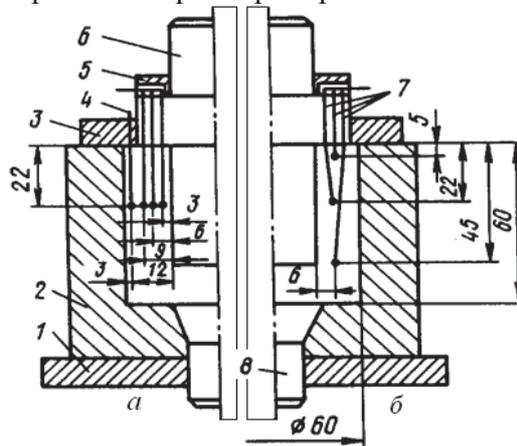


Рисунок 2. Схемы установки термопар в полости пресс-формы: а – по высоте стенки; б – по поперечному сечению стенки; 1 – нижняя плита; 2 – матрица; 3 – кольцо съемника; 4, 7 – термопары; 5 – промежуточное кольцо; 6 – пуансон; 8 – толкатель

Алюминий и сплавы на его основе переплавляли в графитошамотных тиглях вместимостью 0,9 кг, не дегазировали и не рафинировали. Непосредственно из тигля расплавы заливали в матрицу пресс-формы, установленную и закрепленную на столе гидравлического пресса Д2430Б с номинальным усилием 1 МН. Были приняты следующие режимы литья и прессования: температура заливки на 60...80°C превышала температуру ликвидус (кристаллизации) сплава; температура матрицы 60...120°C; температура пуансона 20...40°C; время выдержки расплава в матрице до внедрения пуансона 3...4 с; давление прессования 150±10 МПа; время прессования (выдержки под давлением) 1,0...1,5 с на 1 мм толщины стенки. Рабочие поверхности матрицы и пуансона смазывали минеральным маслом.

Отливки затвердевали под нарастающим давлением. Анализ графиков охлаждения показал, что по высоте стенки отливки из сплава АК12 во время затвердевания имеет место температурный перепад от 40...50°C (в момент затвердевания в зоне, расположенной на расстоянии 22 мм от верхнего торца), до 140...150°C (для аналогичного момента времени в зоне, расположенной на расстоянии 45 мм от верхнего торца).

К моменту извлечения отливки из матрицы перепад температур по высоте стенки снижается до 85°C. Время затвердевания стенки увеличивается при переходе от верхнего торца (5 мм от торца) к зоне теплового центра (45 мм от верхнего торца). Следовательно, вертикальная стенка затвердевает с определенным интервалом по времени (для отливки с толщи-

ной стенки 15 мм из сплава АК12 он составляет 3 с). Как было показано выше, тепловой центр смещается к наиболее массивной зоне отливки – месту перехода от вертикальной стенки ко дну. И не исключено, что определенном соотношении между толщинами дна и вертикальной стенки в тепловом центре могут образоваться дефекты усадочного происхождения (усадочная пористость); последнее наиболее вероятно при недостаточном давлении прессования и нерациональных тепловых режимах литья.

Изучение изменения температуры по сечению вертикальной корки показало, что имеет место довольно большой температурный перепад и по толщине стенки. Если в момент окончания формообразования отливки его величина мало изменяется в зависимости от толщины стенки ($X_{от}$) и состава сплава, находясь в пределах 30...40°C, то в момент окончания затвердевания он заметно повышается (таблица 1). При этом чем больше содержание кремния в силумине (при постоянной толщине стенки отливки) и толще стенка (при постоянном составе сплава), тем больше величина температурного перепада (δ_t) по толщине стенки. Поэтому при принятых режимах литья можно говорить о последовательном характере затвердевания отливок.

Таблица 1

Температурные перепады (δ_t), время затвердевания (τ_3) отливок и значения коэффициентов затвердевания при росте корки со стороны матрицы и пуансона (K_1, K_2)

Металл, сплав	$X_{от}$, мм	δ_t , °C	τ_3 , с	K_1/ K_2 , мм/с ²
А7	10	110...118	5,0...5,2	0,205/ 1,033
АК7ч (АЛ9)	10	120...125	5,5...5,7	0,160/ 0,661
АК18	10	125...130	6,1...6,5	0,102/ 0,448
АК12 (АЛ2)	5	-	-	0,625/ 0,625
	10	120...125	5,7...6,0	0,170/ 0,580
	15	130...135	6,7...7,1	0,170/ 0,420
	20	150...153	8,0...8,3	0,170/ 0,320

С увеличением толщины стенки и содержания кремния в силуминах время затвердевания отливок возрастает (см. таблица 1), хотя и не очень значительно. Если увеличение времени затвердевания отливок с увеличением толщины стенки связано с общим ростом теплоемкости, то с повышением содержания кремния в силуминах происходит изменение теплофизических свойств сплава, главным образом, его теплоаккумулирующей способности.

Кривые охлаждения позволили построить графики продвижения фронта затвердевания в формирующейся отливке как со стороны матрицы, так и со стороны пуансона. В общем случае это параболические зависимости типа: $x = K \tau^2$; где: x – толщина корки, мм; K – коэффициент затвердевания, мм/с², значения которого приведены в таблице 1; τ – время, с.

Из таблицы 1 видно, что значения коэффициента затвердевания при росте корки со стороны матрицы меньше, чем при росте ее со стороны пуансона. Изменение режимов литья и прессования (особенно температуры пресс-формы и температуры заливаемого расплава) может привести к некоторому изменению характера затвердевания отливки, включая перепады температур, время и коэффициент затвердевания отливки.

Тепловой центр по сечению вертикальной стенки смещен к пуансону (при толщине стенки 10, 15 и 20 мм). У отливок с толщиной стенки 5 мм он расположен практически на одинаковом расстоянии от наружной и внутренней поверхностей.

Исследование микроструктуры отливок показало, что она изменяется (для одного и того же сплава) при увеличении толщины стенки и по высоте стенки одной и той же толщины. Так, расстояние между осями дендритов второго порядка d_n возрастает от 30 до 40 мкм (сплав АК7ч) и от 25 до 32 мкм (сплав АК12) при увеличении толщины стенки от 5 до 20 мм, при этом величина d_n незначительно (на ~5 мкм) изменяется по толщине стенки (при переходе от наружной поверхности к внутренней). В верхних зонах стенки величина d_n , как правило, меньше, чем в нижних; это различие достигает 10...15 мкм. Например, в отливках с толщиной стенки 5 мм в верхних зонах величина $d_n = 20$ мкм, в нижних – 35 мкм (сплав АК7ч),

а с толщиной стенки 20 мм – соответственно 25 и 40 мкм. В отливках из сплава АК12 это различие меньше: 25 мкм (верхние зоны) и 30 мкм (нижние зоны) при толщине стенки 5 мм; 25 мкм (верхние зоны) и 35 мкм (нижние зоны) при толщине стенки 20 мм.

Твердость отливок находится в пределах: 70...100 НВ (сплав АК7ч), 70...120 НВ (сплав АК12) и 105...140 НВ (сплав АК18).

Прочностные и пластические характеристики отливок с толщиной стенки 10 мм определяли на нестандартных образцах, вырезанных из вертикальных стенок и сохранивших с двух сторон литую поверхность; их размеры следующие: длина 55...60 мм, толщина 9...10 мм. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Механические свойства отливок с толщиной стенки 10 мм (литое состояние)

Сплав	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %
АК7ч	55,2	183,4	8,6
АК12	50,6	206,7	4,5
АК18	67,0	165,1	1,4

Проанализирована удаленность места разрушения разрывных образцов от нижнего торца отливки. Известно [1], что при пуансоном прессовании возможно образование спаев, распространяющихся от наружной поверхности вглубь стенки отливки по уровню заливки расплава в матрицу пресс-формы. В проведенных опытах для отливок с толщиной стенки 10 мм этот уровень соответствовал 38 ± 3 мм от дна матрицы (и, следовательно, от нижнего торца отливки), а толщина дна была 10 ± 3 мм. Разрыв образцов происходил на следующем расстоянии от нижнего торца отливки: 23 мм (сплав АК7ч), 13 мм (сплав АК12) и 21 мм (сплав АК18). Видно, что разрыв происходил не по уровню заливки расплава в матрицу, что косвенно свидетельствует об отсутствии в них спаев, указанных выше.

Выводы

1. Установлены закономерности затвердевания отливок из силуминов при пуансоном прессовании. Показано, что с увеличением толщины стенки от 5 до 20 мм возрастает время затвердевания отливок, что приводит к незначительному укрупнению структуры в целом и отдельных ее составляющих;
2. Даже при отсутствии дегазирующей и рафинирующей обработки расплава механические свойства отливок, прессованных при затвердевании, выше требований ГОСТ 1583-93.

Литература

1. Кристаллизация металлов и сплавов под давлением. 2-ое изд./ Батышев А.И.: М.: Металлургия, 1990. – 144 с.
2. Штамповка жидкого металла: Литье с кристаллизацией под давлением /А.И. Батышев, Е.М. Базилевский, В.И. Бобров и др.; под ред. А.И. Батышева: М.: Машиностроение, 1979. – 200 с.
3. Литье с кристаллизацией под давлением/ Батышев К.А.: М.: Изд-во МГОУ, 2009. – 167 с.

Тангенциальная компенсация крутильных колебаний заготовки в технологической системе комбинированной режущо-деформирующей обработки

к.т.н. Анкин А.В., Чебышев А.И.
 Университет машиностроения
 8 (495) 223-05-34, ankin@mami.ru

Аннотация. В статье рассмотрены подходы к моделированию технологических процессов и устройств для режущо-деформирующей обработки нежестких валов с дополнительными контурами связи.

Ключевые слова: комбинированная обработка, нежесткий вал, колебания, контур связи, режущий модуль, крутильные колебания, расчетная модель