

Композиционные вставки пресс-форм литья под давлением

Описывается технология литья композиционных вставок пресс-форм для ЛПД. Показано, что литье вставки с рабочим слоем из порошка мартенситно-стареющей стали значительно дешевле и технологичнее обработанных резанием. Пористые оболочки получают плазменным напылением. Стойкость пресс-форм повышена на 50 %.

Ключевые слова: композиционные отливки, керамизированные формы, пористые металлокерамические оболочки

Актуальность работы. Технология получения отливок литьем под давлением (далее ЛПД) имеет следующие преимущества перед другими специальными способами литья:

- широкая гамма сплавов для отливок;
- высокая геометрическая точность (размерная точность, качество поверхности, пространственные отклонения, точность конфигурации);
- максимальная приближенность конфигурации, размеров и массы отливок к готовой детали;
- снижение объемов механической обработки с одновременным сохранением зоны мелких дезориентированных кристаллов на поверхности отливок;
- высокая производительность литейного оборудования, предпосылки полной автоматизации процесса;
- возможность использовать для литья высокотемпературные сплавы и сплавы с широким интервалом кристаллизации;
- значительное улучшение санитарно-гигиенических условий труда, меньшее загрязнение окружающей среды;

Наряду с указанными преимуществами ЛПД имеет и ряд недостатков, в том числе следующие:

- габаритные размеры и масса отливок ограничены мощностью машины (усилием запираания);
- высокая стоимость пресс-форм, сложность и трудоёмкость их изготовления, низкая стойкость, особенно при литье медных сплавов и сплавов чёрных металлов, снижают эффективность процесса и ограничивают область его использования.

Служебные характеристики существующих инструментальных материалов (хромовольфрамонадиевая, хромомолибденованадиевая сталь) не позволяют значительно повысить стойкость пресс-форм и их элементов (вставок, стержней и др.). Поэтому возникает необходимость использования принципиально новых материалов, удовлетворяющих многообразным и противоречивым требованиям, предъявляемым к формообразующей оснастке ЛПД.

Одним из перспективных материалов для оснастки ЛПД отливок из высокотемпературных сплавов на основе меди и железа являются мартенситно-стареющие стали. По конструкционной прочности и технологичности эти стали превосходят ныне применяемые инструментальные материалы. Основой

этих сталей являются сплавы железа с содержанием углерода менее 0,03 %, 8-25 % Ni, легируемые Co, Mo, Ti, Al, Cr и другими элементами.

Высокая прочность достигается совмещением двух механизмов упрочнения: мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения (с образованием твердого раствора замещения) и старения мартенсита. Легирующие элементы также увеличивают прочность. Никель стабилизирует γ -твёрдый раствор, заметно снижая температуру $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения, которое даже при невысоких скоростях охлаждения протекает по мартенситному механизму. Закалка этих сталей протекает на воздухе при 800-860 °С. При нагреве легирующие элементы переходят в γ -раствор и при охлаждении не выделяются. Прочность сталей, например 03H12K15M10, после закалки достигает $\sigma_b = 900-1100$ МПа в сочетании с высокой пластичностью. Дальнейшее упрочнение достигается при старении (480-520 °С), при этом из мартенсита выделяются мелкодисперсные вторичные фазы (Ni_3Ti , NiAl, Fe_2Mo , Ni_3Mo и др.), когерентно связанные с матрицей.

Механические свойства стали 03H12K15M10 после старения: $\sigma_b = 2500$ МПа, $\sigma_{0,2} = 2400$ МПа, $\delta = 6$ %, $\psi = 30$ %. Стали этого класса имеют малую чувствительность к надрезам, высокое сопротивление хрупкому разрушению, что обеспечивает высокую конструкционную прочность в широком диапазоне температур. Важным достоинством этих сталей является технологичность: неограниченная прокаливаемость, хорошая свариваемость, легкость обработки резанием после закалки, отсутствие коробления и обезуглероживания при термообработке. Таким образом, свойства мартенситно-стареющих сталей в большей степени удовлетворяют условиям работы пресс-форм и их элементов для ЛПД: термической усталости, термостойкости, необратимым формоизменениям, формостойкости и износостойкости.

Однако механическая обработка резанием этих сталей по-прежнему остаётся длительным, дорогостоящим процессом.

Постановка задачи. Целью работы является создание технологии получения литых композиционных вставок пресс-форм ЛПД. Композиционные отливки гетерогенны по своей природе [1], что обеспечивает комплекс свойств, недоступных для отдельных элементов, входящих в композицию. Реализация

свойств композиционных отливок определяется геометрическими параметрами и строением контактной зоны, что зависит от диффузионных процессов. Особое значение диффузионные процессы имеют при изготовлении композиционных отливок методом пропитки пористых металлокерамических оболочек матричным металлом, что и было заложено в основу данной работы.

Сущность и методы исследования. Для достижения поставленной задачи были проведены следующие разработки.

В качестве базовой технологии получения пористой металлокерамической оболочки (ПМКО) принято плазменное напыление порошков металла в атмосфере аргона, который при наличии теплового и магнитного пинч-эффекта повышает температуру плазмы до 14000 К. Для создания окислительной, восстановительной, либо нейтральной среды плазмообразующего газа (при необходимости), рассчитывали энтальпию смеси газов по формуле:

$$H_{\text{см}} = H_1 \left(\frac{M_1 r_1}{M_{\text{см}}} \right) + H_2 \left(\frac{M_2 r_2}{M_{\text{см}}} \right) + \dots + H_n \left(\frac{M_n r_n}{M_{\text{см}}} \right), \quad (1)$$

где H_1, H_2, \dots, H_n – энтальпия компонентов смеси; M_1, M_2, \dots, M_n – молекулярная масса компонентов смеси; $M_{\text{см}}$ – молекулярная масса смеси; r_1, r_2, \dots, r_n – объёмные доли компонентов смеси.

Молекулярная масса смеси определяется по формуле:

$$M_{\text{см}} = M_1 r_1 + M_2 r_2 + \dots + M_n r_n, \quad (2)$$

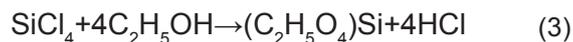
Состав смеси порошков подбирался, исходя из химического состава выбранной мартенситно-стареей стали: в нашем случае сталь 03Н12К15М10.

Для нанесения использовали универсальную плазменную установку УПУ-3 с горелкой ГН-5Р, которые имеют следующие преимущества:

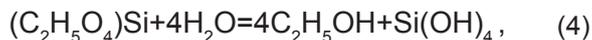
- универсальность – оболочка может наноситься из различных порошков на любой материал основы;
- лёгкость управления процессом: энергетические

характеристики плазмы можно изменять в зависимости от требуемых параметров по толщине оболочки;

- возможность нанесения оболочек на сложную гравюру любой площади;



- поверхность литейной формы или стержня, на которую наносится оболочка, нагревается до температуры не выше 1073 К, что позволяет сохранить геометрию и структуру гравюры;



- простота выбора плазмообразующего газа с целью снижения газонасыщенности и окисляемости порошков металла.

Литьё вставок пресс-форм ЛПД производили в керамизированные формы по постоянным моделям [2].

В качестве опорного слоя использовали песчано-жидкостекольную смесь. Накладные тела для формирования зазора между моделью и опорным слоем изготавливали из полистирола методом свободного вакуумирования. В зазор заливалась суспензия, состоящая из диспергированных огнеупорных порошков (маршалит, циркон, электрокорунд и др.) и дисперсионной среды-связующего – гидролизованного раствора этилсиликата. Технический этилсиликат марок 32, 40 и 50 получали при взаимодействии четырёххлористого кремния с этиловым спиртом по реакции:

Для получения гидрата кремния $\text{Si}(\text{OH})_4$, связывающего огнеупорные частицы друг с другом, технический этилсиликат $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_4)\text{Si}$ подвергали гидролизу по реакции:

который после высыхания превращался в твёрдый стекловидный материал.

Последующие операции сводились к термообработке керамизированного слоя, нанесения на него полиалюмоэтилсилоксанового лака, напыления порошкообразной оболочки, сборки формы и заливки матричным металлом (рис.1).

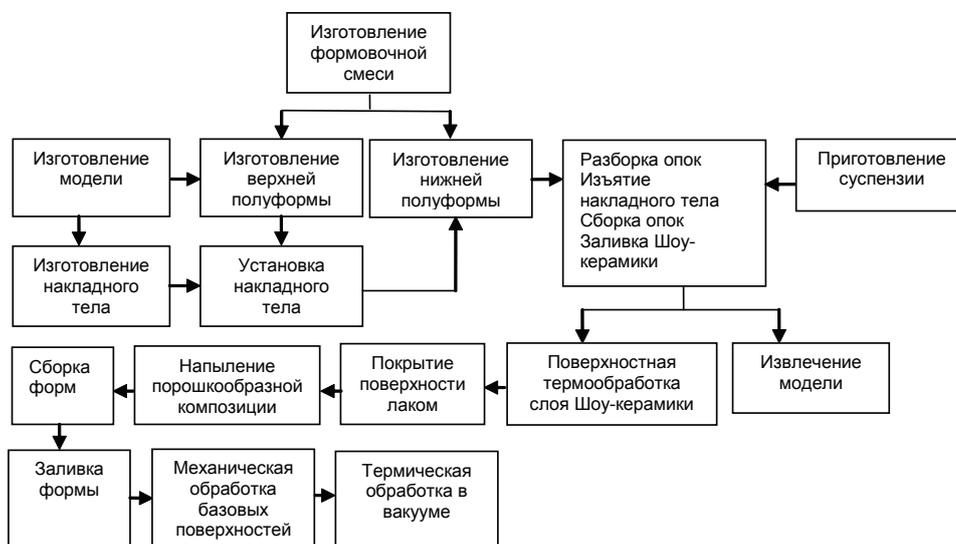


Рис. 1. Схема операций изготовления композиционных вставок

Аналитический расчёт температурных полей в системе жидкий металл-ПМКО-форма осуществляли решением дифференциального уравнения теплопроводности Фурье методом конечных разностей. Анализ расчётных данных показал, что необходимый для пропитки прогрев ПМКО сложно обеспечить только за счёт перегрева жидкого металла, в особенности при небольшой толщине слоя расплава (R) и толщине оболочки (r). В таких случаях эффективно применять предварительный подогрев формы, либо перепуск жидкого металла. В любом случае, необходимым условием заполнения пор металлокерамической оболочки является её прогрев до температуры не ниже температуры кристаллизации расплава.

Для определения основных параметров процесса пропитки ПМКО построена [3] номограмма: при известном отношении можно определить величину подогрева формы и перегрева металла, обеспечивающих прогрев металлокерамики и её пропитку (рис. 2).

Литые вставки обрабатывались только по плоскостям смыкания с пресс-формой. Базой мехобработки служила плоскость смыкания матрицы и пуансона машины ЛПД, либо (в зависимости от конфигурации гравюры) литая поверхность вкладыша. Рабочая полость вкладыша представляла однородную поверхность 7-го класса по ГОСТ 2789-95. Исследование термостойкости проводилось подсчётом циклов теплосмен (ц. т.) [4] до появления первой трещины. Сравнение термостойкости композиционных вставок и вставок из стали 40Х5МФС при заливке латуни ЛС-49 показало наличие трещин после 800 ц. т. у композиционных вставок и 400 ц. т. у вставок из стали 40Х5МФС.

Выводы

Получены литые композиционные вставки пресс-форм ЛПД методом заливки матричного металла в керамизированную форму. Рабочая поверхность

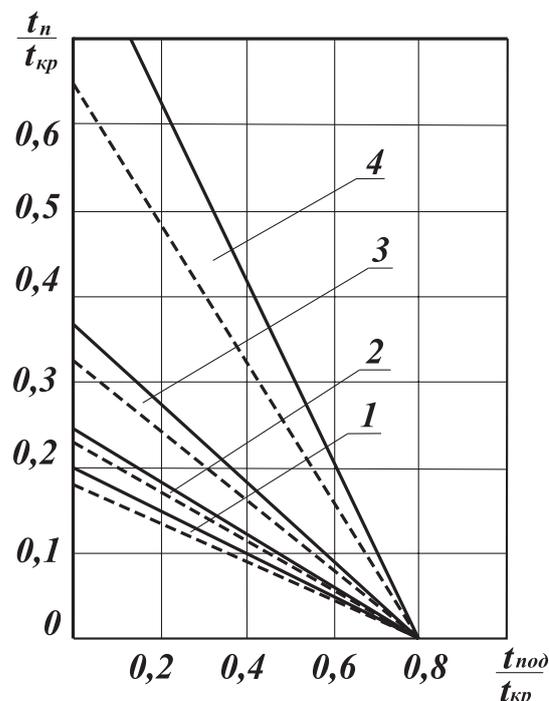
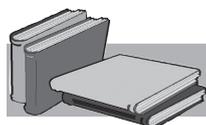


Рис. 2. Номограмма для определения температур перегрева жидкого металла и подогрева форм, обеспечивающих прогрев и пропитку ПМКО при различном соотношении R/r : 1-10, 2-5, 3-3, 4-1; ----- пористость ПМКО 60 %; ————— пористость ПМКО 60 %; $t_{кр}$ – температура кристаллизации расплава; t_n – температура перегрева металла

вставки оформлялась пористой металлокерамической оболочкой (ПМКО) плазменного напыления смеси порошков металла.

Исследованы параметры плазменного напыления порошков, соответствующих химическому составу мартенситно-стареющей стали 03Н12К15М10.

Литые вставки пресс-форм показали увеличение циклов теплосмен на 50 % в сравнении со стойкостью механически обработанных вставок из стали 40Х5МФС при литье медных сплавов.



ЛИТЕРАТУРА

1. Оболенцев Ф.Д. Технологические методы повышения эксплуатационной надежности отливок: сб. Новые материалы и методы их обработки, обеспечивающие повышение надежности и долговечности аппаратов, машин и механизмов. – Киев, – 1981. – С.25-27.
2. Оболенцев Ф. Д. Изготовление пористых металлокерамических оболочек для композиционных отливок / Ф. Д. Оболенцев, Е. И. Литвинова, С. В. Попов // Литейное производство. – 1985. – № 1. – С. 20-21.
3. Оболенцев Ф. Д., Развитие методов керамизации литейной формы / Ф. Д. Оболенцев, Л. А. Иванова, В. В. Ясюков, В. Г. Борщ, Ю. А. Селиванов // В кн. Развитие методов и процессов образования литейных форм. – М., – 1977, – С. 139-144.
4. Ясюков В.В. Формирование поверхности раздела в композиционных отливках / В. В. Ясюков, Е. В. Колесник // VI Міжнар. наук.-техн. конф. – Київ, – 2014, – С. 66-67

Анотація

Ясюков В. В., Солоненко Л. І., Цибенко О. В.
Композиційні вставки прес-форм лиття під тиском

Описано технологію лиття композиційних вставок прес-форм для ЛПТ. Показано, що лиття вставки з робочим шаром з порошку мартенситно-старіючої сталі значно дешевше та технологічніше за оброблені різанням. Пористі оболонки отримують плазмовим напиленням. Стійкість прес-форм підвищено на 50 %.

Ключові слова

композиційні виливки, керамізовані форми, пористі металокерамічні оболонки

Summary

Yasiukov V., Solonenko L., Tsybenko O.
Composite inserts for die casting moulds

The casting technology of composite inserts for die casting moulds is described. There is shown that the casting of insert with working layer from the maraging steel powder is more inexpensive and manufacturable than cut treatment. The porous coats are obtained by plasma spraying. The mould rigidity is increased in 50 %.

Keywords

composite castings, ceramized moulds, porous ceramic-metal coats

Поступила 08.07.2015