

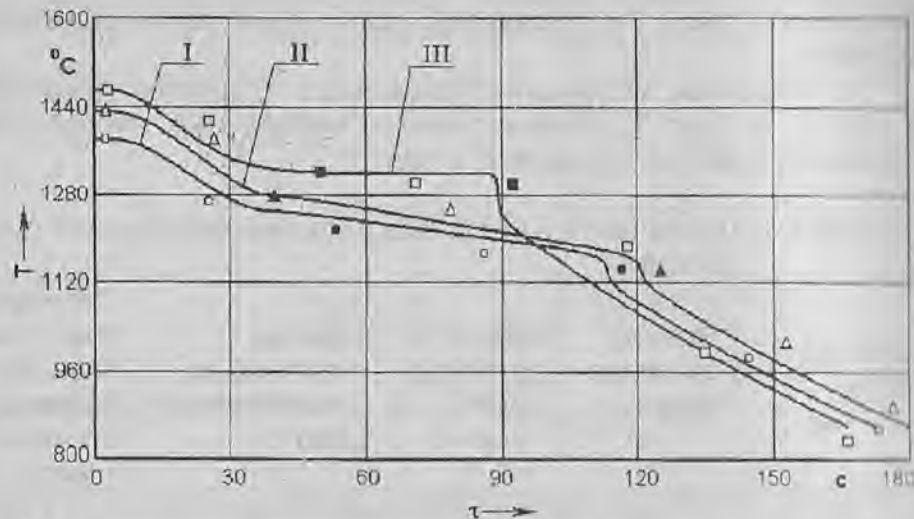


Рис. 3 — Изменение температуры в центре шара $\varnothing 40$ мм

По результатам численного моделирования удалось получить оптимальные параметры технологии, которые были использованы при организации производства мелющих шаров из легированного белого чугуна. Внедрение технологического процесса обеспечивает:

- 1) высокую твердость литых шаров по всему сечению (HRC 50-60);
- 2) повышение износостойкости шаров в 1,3-1,5 раза;
- 3) снижение энергозатрат в 1,2-1,4 раза;
- 4) низкую себестоимость литья.

Проведенные исследования позволяют наладить серийное производство литых чугунных шаров в большом количестве и высокого качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изготовление литых чугунных мелющих шаров / А.Н.Поддубный, Н.Н.Александров, И.К.Кульбовский, В.Я.Жарков. // Литейное производство. — 1994. — №8. — С. 8.
2. Визначення часу твердіння і охолодження відливок / І.Н.Москальов, В.П.Сумцов, В.С.Міронов, В.М.Ломакін // Тез. докл. науч.-техн. конф. «Пути повышения качества и экономичности литейных процессов». — Одесса, 1994. — С.39-40.
3. Ломакін В.М., Якименко С.М. Математичне моделювання процесу затвердіння і охолодження відливок куль в кокілі // Підвищення технічного рівня сільськогосподарського виробництва та машинобудування. — Кіровоград. — 1996. — С. 47-51.

УДК 621.775.8

Н.В. Шепельский д-р. техн. наук,
В.В. Пукалов инженер,
В.В. Свяцкий аспирант,
В.П. Пукалов канд. техн. наук
Кировоградский институт
сельскохозяйственного машиностроения

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ВИБРАЦИОННОГО ЛИТЬЯ ГРАНУЛ

Для управления процессом получения идентичных по структуре и геометрии волокон необходимы: однородный размерный спектр охлажденных частиц, стабильность их форм и размеров.

Стремление во всех случаях к получению однородного размерного спектра частиц объясняется тем, что форма и строение гранул определяют такие важные физические и технологические свойства, как насыпная масса, текучесть, прессуемость. Частицы равноосной или близкой к ней формы характеризуются высокими значениями объемной массы, хорошей текучестью, что очень важно для обеспечения устойчивого формирования очага деформации и, тем самым, стабильного формирования размерного спектра волокон.

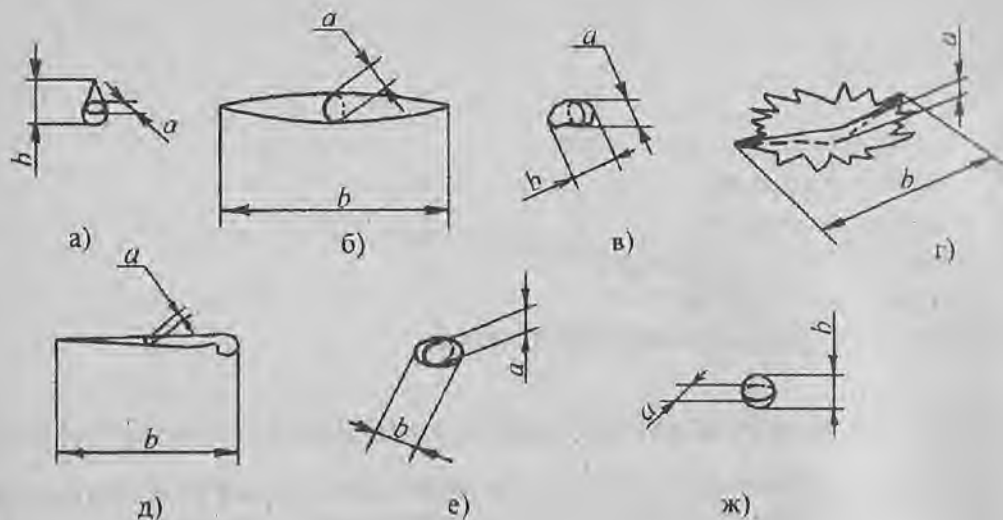
Исследования проводились на установке для литья гранул [1].

Для выбора математической модели при решении поставленной задачи в качестве показателя формообразования нами принято отношение крайних размеров частиц — коэффициент формообразования $K_{\phi} = a/b$ (рис. 1).

Задача оптимизации в этом случае сводится к получению максимального значения K_{ϕ} .

Из анализа механизма формообразования частиц и результатов эксперимента в качестве определяющих параметров формообразования гранул приняты:

- коэффициент динамической вязкости охлаждающей жидкости $\eta(X_1), 10^{-5}$ Па с;
- амплитуда колебания диспергатора $A(X_2)$, мм;
- частота колебаний диспергатора $n_1(X_3)$, Гц;
- диаметр отверстия канала диспергатора $d(X_4)$, мм.



Форма частиц:

а) — каплевидная; б) — веретенообразная; в) — произвольная;
г) — хлопьевидная; д) — игольчатая; е) — дисковидная;
ж) — равноосная

Рис. 1 — К определению коэффициента формообразования гранул K_{ϕ}

Выбранные факторы удовлетворяют условиям управляемости, операциональности и однозначности. Прочие параметры процесса литья гранул зафиксированы на определенных уровнях.

Был использован план 2^{4-1} с определяющим контрастом $1 = x_1 x_2 x_3 x_4$, который обеспечивает получение оценок линейных эффектов факторов, смешанных с эффектами тройных взаимодействий, эффекты парных взаимодействий смешаны между собой.

В соответствии с выбранным планом было приведено восемь опытов, результаты которых представлены в табл. 1.

После реализации выбранного плана задача сводится к построению модели вида:

$$y = 0,3529 + 0,2693x_1 + 0,0619x_2 + 0,0401x_3 \quad (1)$$

Из анализа модели (1) видно, что наибольшее влияние на коэффициент формообразования K_{ϕ} оказывает коэффициент динамической вязкости η , а затем — амплитуды A . Влияние же частоты колебаний выражается в значительно меньшей степени.

Таблица 1 — Матрица планирования эксперимента

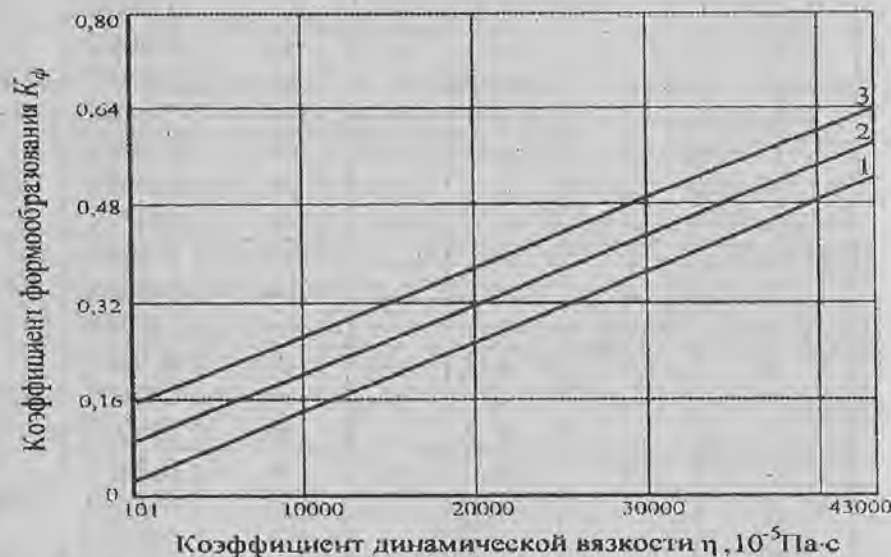
Фактор		$\eta, 10^{-5}$ Па·с	A, мм	η , Гц	$d_{гр}$, мм	K_{ϕ}	
Основной уровень (X_{i0})		21400,5	3	2	2		
Интервалы варьирования (ΔX_i)		21299,5	3	2	1		
Верхний уровень ($X_i = +1$)		42700	6	4	3		
Нижний уровень ($X_i = -1$)		101	0	0	1		
Номер опыта, u	Номер дубля, g	Код				y_{ug}	$\bar{y}_u$
		x_1	x_2	x_3	$x_4 \equiv x_1 x_2 x_3$		
1	1	+	+	+	+	0,8988	0,8100
	2	+	+	+	+	0,7906	
	3	+	+	+	+	0,7407	
2	1	—	+	+	—	0,1540	0,1290
	2	—	+	+	—	0,1423	
	3	—	+	+	—	0,0906	
3	1	+	—	+	—	0,5045	0,5680
	2	+	—	+	—	0,5812	
	3	+	—	+	—	0,6182	
4	1	—	—	+	+	0,0684	0,0652
	2	—	—	+	+	0,0562	
	3	—	—	+	+	0,0710	
5	1	+	+	—	—	0,5668	0,6230
	2	+	+	—	—	0,6035	
	3	+	+	—	—	0,6988	
6	1	—	+	—	+	0,1088	0,0972
	2	—	+	—	+	0,0806	
	3	—	+	—	+	0,1023	
7	1	+	—	—	+	0,4205	0,4880
	2	+	—	—	+	0,4921	
	3	+	—	—	+	0,5513	
8	1	—	—	—	—	0,0130	0,0430
	2	—	—	—	—	0,0670	
	3	—	—	—	—	0,0490	

Зависимость K_{ϕ} от наиболее влияющих факторов η и A представлена на рис. 2, из которого следует, что K_{ϕ} достигает максимума при $\eta = 42000 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Проведенные исследования показали, что дальнейшее увеличение вязкости охлаждающей жидкости приводит к резкому торможению капли металла в ней из-за большого лобового сопротивления, в результате чего в верхних слоях охлаждающей жидкости происходит насаживание капель металла друг на друга с образованием "цепочек" — ряда слипшихся застывших гранул.

При η более $43000 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ наблюдается образование основном дисковидных гранул, в то время как при η менее $21400 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ образуются веретенообразные, каплевидные и хлопьевидные частицы. Влияние на K_{ϕ} амплитуды колебаний выражается в том, что при значениях A менее 2 мм происходит уменьшение объема капли и, как результат, образуется большое количество мелких каплевидных гранул. Увеличение A более 6 мм приводит к образованию бесформенных крупных частиц и крупным гранулам с ярко выраженной дисковидной формой.

Исследуя влияние частоты колебаний n_1 на процесс литья, можно убедиться, что с увеличением n_1 , объем гранул уменьшается и изменяется их форма (от каплевидной — до дисковидной).



1) — $A = 0 \text{ мм}$; 2) — $A = 3 \text{ мм}$; 3) — $A = 6 \text{ мм}$

Рис. 2 — Зависимость коэффициента формообразования гранул K_{ϕ} от коэффициента динамической вязкости охлаждающей жидкости η и от амплитуды колебаний стакана-диспергатора A , при $n_1 = 2,3 \text{ Гц}$

Однако эксперименты показали, что амплитуда A и частота n_1 колебаний диспергатора значительно стабилизируют ситовый состав получаемых гранул. Объясняется это тем, что в результате жесткого удара о неподвижный упор в конце каждого полупериода колебаний диспергатора импульс силы, действующий на расплав, значительно превышает импульс массы расплава в диспергаторе и уровень расплава практически не влияет на характер истечения металла из канала диспергатора.

Для оптимизации целевой функции K_{ϕ} , использовали ее математическую модель. Задача в этом случае свелась к нахождению значений переменных факторов, задающих процесс получения гранул с высоким K_{ϕ} .

Исходя из многофакторности целевой функции, был применен метод Бокса-Уилсона [2]. Поэтому оптимальный режим обработки получен в опыте, где среднее значение коэффициента формообразования гранул K_{ϕ} составлял 0,6462 (расчетное значение $K_{\phi} = 0,6399$), что подтверждает правильность полученной математической модели и достоверность проведенной оптимизации.

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель литья гранул и на ее основе оптимизированы режимы получения гранул осесимметричной формы.
2. Получены зависимости коэффициента формообразования K_{ϕ} от коэффициента динамической вязкости η , амплитуды A и частоты n_1 колебаний стакана-диспергатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шепельский М.В., Пукалов В.В., Свяцкий В.В. Пристрій для вібраційного лиття гранул // Підвищення технічного рівня сільськогосподарського виробництва — Кіровоград: КІСМ, 1996. — С 128-133.
2. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методом планирования экспериментов — М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. — 304 с.: ил.