



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

ДЛЯ СЛУЖЕБНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКЗ. №

(SU) 1718470 A1

(SI) 5 В 23 К 11/06

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГИИТ СССР

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4361013/27

(22) 06.11.87

(71) Украинский научно-исследовательский и конструкторский институт по разработке машин и оборудования для переработки пластических масс, резины и искусственной кожи

(72) А.Н.Гладченко, В.В.Сазонов, С.Н.Король и В.С.Пуныко

(53) 621.791.763.1.639(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР № 980965, кл. В 22 F 7/04, 1981.

(54) СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА

(57) Изобретение относится к технологии машиностроения, в частности к способам нанесения износостойких покрытий на внутренние поверхности цилиндрических деталей, и может быть использовано для получения длинномерных биметаллических экструдеров и др. изделий. Цель изобретения - повышение качества покрытия при изготовлении

2

товлении длинномерных биметаллических цилиндров и обеспечения точности толщины покрытия. Способ включает вращение и нагрев заготовки и одновременное осевое перемещение источника нагрева. Подают порошок на покрываемую поверхность с помощью транспортирующего газа. Плавление порошка ведут в зоне, не превышающей 0,15 от номинального диаметра покрываемой поверхности. Порошок подают в среднюю часть зоны плавления тангенциально к покрываемой поверхности со скоростью, равной окружной скорости этой поверхности. Гравитационный коэффициент в слое поддерживают равным 20...70. Порошок в зону плавления подают с постоянным расходом. Расход устанавливают на 3-5% больше расчетного значения, соответствующего толщине покрытия. Трудоемкость снижается в связи с исключением дополнительной обработки, 1 з.п.ф-лы, 2 ил.

Изобретение относится к технологии машиностроения, в частности к способам нанесения износостойких покрытий на внутренние поверхности цилиндрических деталей, и может быть использовано для получения длинномерных биметаллических цилиндров экструдеров и др. изделий.

Цель изобретения - повышение качества покрытия при изготовлении длинномерных биметаллических цилиндров и обеспечение точности толщины покрытия.

Предлагаемый способ нанесения покрытий из металлического порошка на 9-92

внутреннюю поверхность цилиндров иллюстрируется фиг.1-3, причем на фиг. 3 приняты обозначения:  $\sigma$  - весовой износ покрытия при эксплуатации, мг/ч;  $\Delta$  - твердость покрытия, HRC;  $q$  - коэффициент гравитации.

Предлагаемый способ заключается в следующем.

Деталь 1 (фиг.1), на внутреннюю поверхность которой наносят покрытие 2, приводят во вращение вокруг горизонтальной оси с угловой скоростью  $\omega$ . Нагрев осуществляют, например, наружным кольцевым одновитковым индуктором 3. Ширину индуктора

(SU) 1718470 A1

б подбирают такой, чтобы ширина зоны а внутренней поверхности детали, разогретой до технологической температуры, составляла не более 0,15 от номинального диаметра D покрываемой поверхности.

Порошковый сплав подают в зону плавления от дозатора (на фиг. не показан) с помощью транспортирующего газа питателем 4. Для придания струе порошка тангенциального направления выходной патрубком 5 питателя изогнут по спирали в направлении вращения цилиндра. В процессе наплавки индуктор синхронно с порошковым питателем перемещают в осевом направлении со скоростью  $\lambda$  (м/с).

Способ может быть осуществлен при использовании любого источника тепла (например, печного), с удельной мощностью в пределах 0,5...1,0 кВт/см<sup>2</sup>.

При индукционном способе нагрева ширину индуктора определяют исходя из следующих соображений.

Ширина зоны плавления существенно зависит от двух факторов: распределения индуктированного тока на поверхности детали и утечки тепла в не нагретую массу металла.

Приблизительно можно считать распределение плотности индуктированного тока (в пределах глубины его проникновения) равномерным. При этом ширина активного слоя почти совпадает с шириной индуктирующего провода, а глубина зависит от частоты тока. Интенсивность теплоотвода в ненагретую массу детали, при прочих равных условиях, определяется ее геометрическими размерами и, в частности, толщиной стенки.

Найдено эмпирическое соотношение, учитывающее названные факторы и позволяющее определять ширину индуктора, обеспечивающую требуемую ширину зоны плавления (не более 0,15 от номинального диаметра покрываемого изделия):

$$b_{\max} = 0,15D + \frac{\delta^2}{10\Delta_k}, \quad (1)$$

где  $b_{\max}$  — максимально допустимая ширина индуктора, мм;

D — номинальный диаметр наплавляемой поверхности, мм;

$\delta$  — толщина стенки цилиндра, мм;

$\Delta_k$  — горячая глубина проникновения тока, зависящая от рабочей частоты, мм. Для стали, нагретой выше точки магнитных превращений

$$\Delta_k = \frac{0,5 \cdot 10^3}{\sqrt{f}} \quad (f \sim \text{частота тока, Гц}).$$

Соотношение (1) справедливо для стальных цилиндров с толщинами стенок в пределах 10...40 мм при использовании звукового диапазона частот.

Установлено, что оптимальной с точки зрения качества получаемого покрытия (сплошности, разнотолщинности, эксплуатационных свойств и стабильности процесса) является нанесение покрытия в зоне, не превышающей 0,15 номинального диаметра наплавляемой поверхности. Для образования зоны плавления порошка оптимальной ширины (не более 0,15 номинального диаметра наплавляемой поверхности) необходимо использовать индуктор, ширина которого на 40-50% превышает требуемую для данного диаметра наплавляемой поверхности ширину зоны плавления. Затем опытным путем подбирают скорость перемещения индуктора, при которой ширина зоны плавления достигает оптимального значения.

Важнейшей положительной особенностью центробежного способа наплавки является наличие перегрузок в наплавляемом слое, которые обусловлены центробежными силами. Указанные перегрузки способствуют получению слоев без шлаковых и газовых включений, что и обеспечивает их высокие механические свойства и эксплуатационные качества.

Количественной характеристикой перегрузок служит безразмерная величина — гравитационный коэффициент  $q$ , представляющий собой отношение центробежной силы  $S_{ц.б.}$ , действующей на каждый элементарный объем наплавляемого сплава к весу  $P$  этого же объема сплава

$$q = \frac{F_{ц.б.}}{P} = \frac{m\omega^2 R}{mg} = \frac{\omega^2 R}{g}, \quad (2)$$

где  $m$  — масса единичного объема сплава;

$\omega$  — угловая скорость наплавляемой заготовки;

- $R$  - радиус центра масс рассматриваемого объема ;  
 $g$  - ускорение свободного падения.

Из формулы (1), видно, что при значении радиуса наплавляемой поверхности  $R$  изменять значение гравитационного коэффициента можно путем изменения угловой скорости. Для поддержания оптимальных значений гравитационного коэффициента в слое наплавки необходимо "совершить активные действия", заключающиеся в определении нужной угловой скорости вращения наплавляемой трубы. Используя формулу (2) и учитывая, что  $\omega = \pi n/30$ , где  $n$  - частота вращения заготовки, об/мин, а  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ , можно получить выражение для подсчета требуемой частоты вращения заготовки, при которой гравитационный коэффициент имеет значения  $q = 20-70$ :

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{qg}{R}} = (134-250) \cdot \frac{1}{\sqrt{R}},$$

где  $R$  - радиус наплавляемой поверхности.

Нанесение покрытия центробежным способом производят при оптимальных перегрузках, которым соответствуют значения коэффициентов гравитации, находящихся в пределах 20...70. Наплавка при указанных характеристиках перегрузок обеспечивает минимальное количество дефектов типа пор, включений, несплошностей в наплавленном слое, благодаря чему повышается его твердость и износостойкость. Верхний предел коэффициента гравитации ограничен появлением ликвации сплава в процессе наплавки, а также условиями безопасности при проведении наплавочных работ.

Высокая чистота поверхности наплавленного слоя достигается исключением разброса порошка и его хаотичного движения в полости наплавляемой детали. В предлагаемом способе подачу порошка осуществляют компактной струей с соблюдением равенства векторов линейных скоростей точек наплавляемой поверхности и гранул сплава. При этом одинаковое направление скоростей обеспечивается тангенциальной по отношению к наплавляемой поверхности подачей сплава, а для соблюдения равенства модулей

указанных скоростей диаметр  $d$  выходного отверстия порошкового питателя определяют расчетом.

Размерная точность нанесения покрытия предлагаемым способом достигается при постоянном расходе порошка, причем отклонение  $\Delta h$  толщины покрытия от номинальной величины  $h$  и отклонение расхода порошка  $\Delta Q_n$  связаны соотношением

$$\Delta h = Kh \cdot \frac{\Delta Q_n}{Q_n}, \quad (3)$$

где  $Q_n$  - расход порошка, соответствующий номинальной толщине покрытия;

$K$  - эмпирический коэффициент, учитывающий превышение расхода подачи порошка при наплавке над расчетным и принимаемый 1,03-1,05.

Размерную точность толщины наплавленного слоя в предлагаемом способе наплавки достигают постоянным расходом порошкового сплава. Для этого используют дозатор, который устанавливают в магистрали подачи порошкового сплава. Может быть применен, например, дисковый дозатор с регулируемой подачей сплава. Точность толщины наплавленного слоя зависит от величины изменения подачи сплава во времени, определяемой конструкцией дозатора. Оценку точности толщины слоя производят по формуле (1), в которой с помощью эмпирического коэффициента  $K$  учитывают окисление, угар, образование химических связей в сплаве в процессе плавления.

Применение дозированной подачи сплава с возможностью изменения расхода порошка в процессе наплавки позволяет получить изделия не только с равномерной, но и с изменяемой по длине толщиной наплавленного слоя.

**Пример 1.** Нанесение покрытия из сплава ПГ-СР 4 на внутреннюю поверхность цилиндров производят при разных, но близких значениях расхода порошкового сплава, которые в двух смежных опытах имитируют отклонение дозирования сплава.

Значение отклонения дозирования принято

$$\frac{\Delta Q_{n_i}}{Q_{n_i}} \leq 0,03, \quad (4)$$

где  $\Delta Q_{n_i} = Q_{n_{i+1}} - Q_{n_i}$ ,  $Q_{n_i}$ ,  $Q_{n_{i+1}}$  - значение расходов порошкового сплава в двух следующих друг за другом опытах.

Заданная номинальная толщина слоя наплавки - 2 мм.

Наплавляемые заготовки имели следующие геометрические размеры: наружный диаметр 130 мм; внутренний диаметр  $D 94 \pm 0,05$  мм; рабочая длина 100 мм.

Основные параметры режима наплавки:

ширина кольцевой зоны  
расплава, 10 мм;  
коэффициент гравитации на наплавляемой поверхности 50,  
расход транспортирующего газа 8 л/мин;  
скорость поступательного перемещения порошкового питателя 35 мм/мин,

Внутренний диаметр  $D_i$  цилиндров после наплавки измеряли с помощью индикаторного нутрометра с точностью до 0,01 мм. Затем производили вычисления:

1) толщина слоя

$$h_i = 0,5(D - D_i),$$

2) значения  $\Delta h_i = h_{i+1} - h_i$ , где  $h_i$  и  $h_{i+1}$  - толщина слоев наплавки при расходах соответственно  $Q_{n_i}$  и  $Q_{n_{i+1}}$

3) значения отношения  $\Delta h_i/h_i$ ,

$$4) \text{ коэффициента } K_i = \frac{\Delta h_i}{h_i} / \frac{\Delta Q_{n_i}}{Q_{n_i}},$$

Результаты вычислений приведены в таблице.

Приведенные в таблице результаты подтверждают, что оптимальные значения эмпирического коэффициента  $K$  находятся в пределах 1,03 - 1,05.

**П р и м е р 2.** Нанесение покрытия из сплава ПГ-СР 4 на внутреннюю поверхность цилиндров производили при различных значениях коэффициента гравитации.

Заготовки имели следующие геометрические размеры: внутренний диаметр (покрываемая поверхность) 60 мм; наружный диаметр 90 мм; длина 150 мм. Материал заготовок - сталь 20.

Ширину кольцевой зоны расплава во всех опытах поддерживали в пределах 6-8 мм.

5 Требуемое значение коэффициента гравитации обеспечивали путем задания соответствующей частоты вращения заготовки, которую рассчитывали по формуле

$$10 \quad n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{qg}{R}},$$

где  $n$  - частота вращения заготовки, об/мин;

15  $q$  - коэффициент гравитации;

$g$  - ускорение свободного падения ( $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ );

$R$  - радиус наплавляемой поверхности, м.

20 Качество покрытий оценивали по следующим характеристикам: износостойкость; показатели твердости (HRC); шероховатость поверхности.

25 Износ определяли по потере массы образцов в процессе испытаний в течение регламентированного времени. Взвешивание образцов производили с помощью аналитических весов марки ВЛР-200 (точность взвешивания  $\pm 0,0005 \text{ г}$ ). Для определения твердости использовали твердомер типа Роквелл. Параметры шероховатости контролировали профилографом - профилометром модели 203 ВЭИ "Калибр".

35 Результаты опытов приведены на фиг.3.

Видно, что покрытия, полученные при значениях коэффициента гравитации  $q = 4,5-20$ , имеют относительно низкую поверхностную твердость, что обуславливает высокие показатели их весовых износов. В данном интервале коэффициентов гравитации твердость достигает своего наибольшего значения. При возрастании коэффициента гравитации в пределах 20-130 поверхностная твердость практически не изменяется, а весовые износы незначительно снижаются. Таким образом, исследования подтверждают, что нижним пределом оптимальных значений коэффициента гравитации является его величина  $q = 20$ .

55 Верхний предел коэффициента ограничивается требованиями к шероховатости поверхности. Так, при значениях  $q < 70$  высота неровностей профиля поверхности покрытий составляет  $R_z = 40-20 \text{ мкм}$ .

При значениях  $q > 70$  качество поверхности значительно снижается, высота неровностей профиля может достигать  $R_z = 160$  мкм, что делает невозможным использование наплавленных деталей в узлах сочленений без механической обработки. Снижение качества поверхности покрытий при  $q > 70$  связано с ростом амплитуды вибрационных нагрузок, так как увеличение коэффициента гравитации, производят за счет повышения частоты вращения детали.

Использование предлагаемого способа наплавки внутренней поверхности цилиндрических изделий обеспечивает повышение износостойкости биметаллических цилиндров в 1,5-2 раза за счет высокого качества наплавленного слоя (твердость, сцепление с материалом основы, оптимизация структурного и фазового составов), снижение трудоемкости изготовления биметаллических цилиндров в связи с исключением механической обработки после наплавки или применением только финишных операций (шлифование, полирование), а также позволяет создавать высокопроизводительное оборудование по износостойкой наплавке длинномерных цилиндров с механизацией процесса засыпки порошкового сплава, что особенно

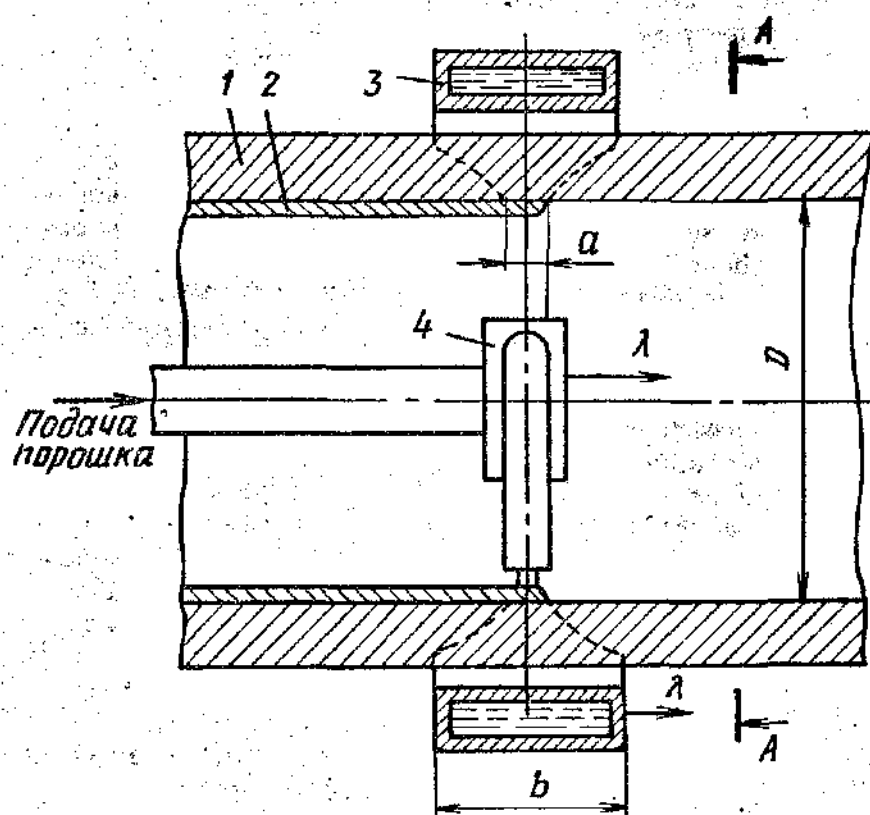
важно в условиях вредного производства наплавки сплавами на основе никеля и хрома.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

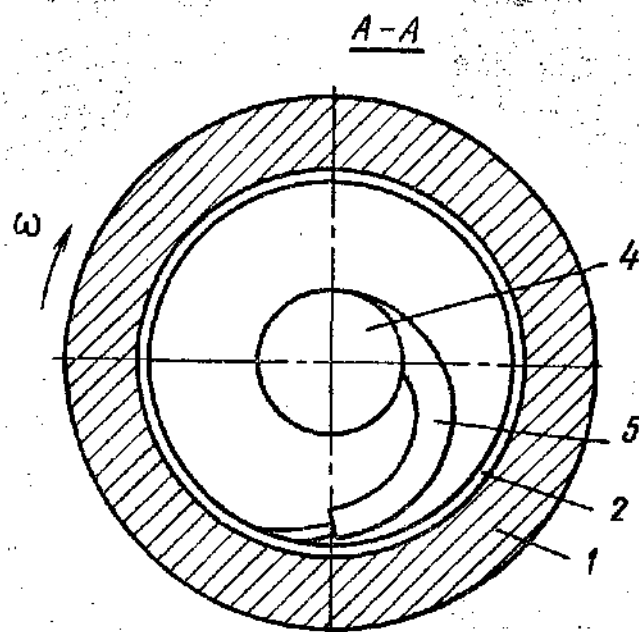
1. Способ нанесения покрытия из металлического порошка на цилиндрическую поверхность заготовки, включающий вращение и нагрев заготовки и одновременное осевое перемещение источника нагрева, подачу порошка на покрываемую поверхность с помощью транспортирующего газа, отличающийся тем, что, с целью повышения износостойкости покрытия, плавление порошка ведут в зоне, ширина которой не превышает 0,15 от номинального диаметра покрываемой поверхности, порошок подают в среднюю часть зоны плавления тангенциально к покрываемой поверхности со скоростью, равной линейной скорости этой поверхности, при этом гравитационный коэффициент в слое покрытия поддерживают равным 20...70.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что, с целью обеспечения равномерной толщины покрытия, порошок в зону плавления подают с постоянным расходом, который устанавливают на 3...5% больше расчетного значения, соответствующего требуемой толщине покрытия.

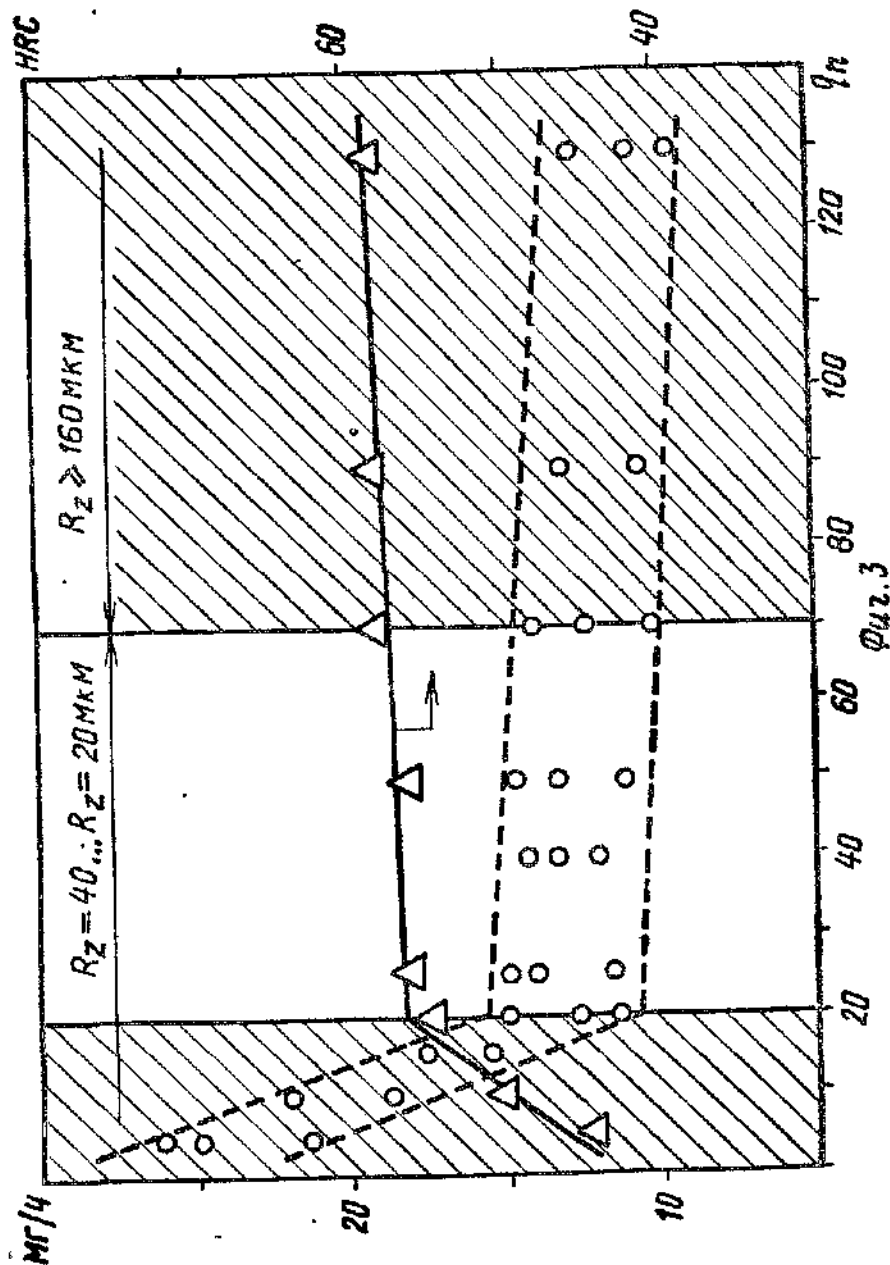
Расход порошка $Q_{n1}$ , г/мин	$\Delta Q_{n1}$ , г/мин	$\Delta Q_{n1}/Q_{n1}$	$\Delta h_1/h_1$	$K_1$
155				
160	5	0,031	0,0325	1,049
165	5	0,030	0,0312	1,040
170	5	0,029	0,0300	1,035
175	5	0,028	0,0292	1,043
180	5	0,027	0,0280	1,037



Фиг. 1



Фиг. 2



Составитель В.Зотин

Редактор Т.Зубкова

Техред Л.Олийник

Корректор А.Обручар

Заказ 808/ДСП

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101

