

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

*Технологии газопорошкового напыления*

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для выполнения лабораторных и практических работ  
по дисциплине «Технология производства и ремонта автомобилей»  
для студентов специальности 1-37 01 06  
«Техническая эксплуатация автомобилей»  
дневной и заочной форм обучения

УДК 621.9

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных и практических работ по дисциплине «Технология производства и ремонта автомобилей». В настоящих методических указаниях даны основы технологий газопорошкового напыления и оборудования при ремонтных работах для студентов автомобильных специальностей. Содержание методических указаний соответствует учебной программе по дисциплине «Технология производства и ремонта автомобилей». Методические указания предназначены для студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» дневной и заочной форм обучения.

Составители: Левданский А.М., старший преподаватель;  
Кудрицкий Я.В., старший преподаватель;  
Ялковский Н.С. старший преподаватель

Рецензент: Корусь Владимир Петрович, заместитель главного специалиста  
по технике отдела ГС по ТиЭО ОАО "КОВРЫ БРЕСТА"

## Лабораторная работа №1

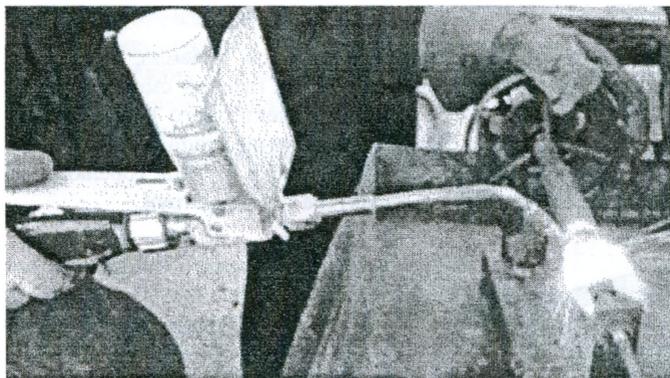
### Технология газопорошкового напыления с использованием горелок

Цель работы: ознакомиться с технологией газопорошкового напыления.

Работа рассчитана на 2 академических часа.

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Технология газопорошкового напыления реализуется кислородно-ацетиленовым методом (подобно газовой сварке) с использованием специальных горелок типа "Евроджет". В процессе работы горелки в трубку, по которой кислородно-ацетиленовая смесь поступает к соплу, подается наплавочный порошок (порошковая смесь). Подача порошка осуществляется из бункера, который находится над камерой смешивания газов, при нажатии клавиши на державке горелки.



*Рисунок 1 – Процесс газопорошкового напыления*

При попадании частиц порошка в пламя происходит их интенсивное нагревание и частичное расплавление, в результате чего они прилипают к предварительно нагретой поверхности детали. После этого полученное покрытие дополнительно расплавляется ацетиленовым пламенем для уплотнения и надежного сцепления с поверхностью детали (подобно процессу лужения).

В отличие от электродугового наплавления технология газопорошкового напыления дает возможность получать защитные покрытия небольшой толщины (от 0,1 до 2 мм), которые можно наносить также на тонкостенные детали. При этом перемешивание металла покрытия с металлом детали отсутствует, что гарантирует равномерность химического состава и свойств материала покрытия по всей его толщине и отсутствие дефектов (трещин, пор, шлаковых включений) в теле детали после ее охлаждения. Физико-химические характеристики нанесенного металла зависят от марки порошка, который используется для напыления, что дает возможность получать защитные покрытия любого типа: ремонтные, износостойкие, антикоррозийные, термостойкие и тому подобное.

Напыление осуществляется на все типы нелегированных и низколегированных углеродных сталей. Характерные поверхности: рабочие поверхности сопел, защитных втулок сальниковых уплотнений, лопастей насосов, шнеков экструдеров и изношенные участки валов, осей, коленных валов (посадочные поверхности для подшипников, манжет, втулок, шестерень, ползунов) и тому подобное. Для напыления могут использоваться все газы, у которых температура пламени при сгорании с кислородом не ниже 1800-2000 градусов по Цельсию, а теплотворная способность не менее 10 000 кДж/м<sup>3</sup> (около 2400 ккал/м<sup>3</sup>). Количество тепла, которое выделяется при помощи сгорания 1 кг (для жидкого и твердого) или 1 м<sup>3</sup> для газового топлива за вычетом тепла парообразования водяных паров, образующихся при горении, называют нижней теплотворной способностью (Q<sub>н</sub>).

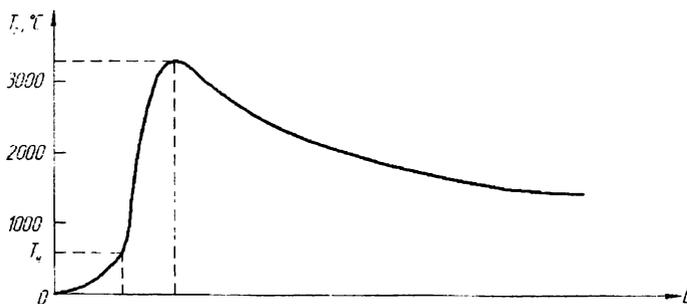
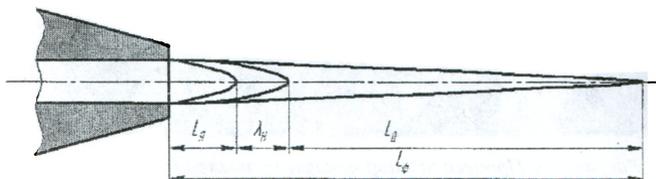
При сгорании водорода  $Q_n = 10,8 \text{ МДж/м}^3 = 10800 \text{ КДж/м}^3$  (2579 - 28640 Ккал/м<sup>3</sup>)

При сгорании пропана  $Q_n = 87 \text{ МДж/м}^3 = 87000 \text{ КДж/м}^3$  (20800 Ккал/м<sup>3</sup>)

При сгорании бутана  $Q_n = 116 \text{ МДж/м}^3 = 116000 \text{ КДж/м}^3$  (87800 Ккал/м<sup>3</sup>)

**Технология газопламенного напыления водородно-кислородным пламенем**

При газопламенной обработке металлов, как правило, используют факельный способ сжигания химически однородных газовых смесей благодаря специальным сварочным горелкам и резакам инжекторного и безинжекторного типов. Для факельного горения характерно наличие стационарного пламени более или менее правильной формы, которая зависит от типа горелки, степени смешения горючего с окислителем и характера течения струи.



$L$  – расстояние по оси факела пламени

Рисунок 2 – Схема факела ацетилено-кислородного пламени (а) и распределение температуры по длине факела (б)

На рис. 2 приведена схема факела ацетиленокислородного пламени газосварочной горелки. Область  $L_{я}$ , занимаемая начальной границей пламени, называется зоной воспламенения струи, или ядром факела, область  $L_{д}$ , где завершается процесс горения, называется зоной догорания. Из теории горения известно, что в случае ламинарного течения ядро факела очерчено резко и ширина нормального фронта пламени мала. Это область  $\lambda_{н}$ , расположенная между двумя поверхностями, где начинаются и заканчиваются химические реакции, происходящие в результате наличия кислорода в смеси, и имеет место повышение температуры от ее начального значения  $T_{н}$  до максимальной адиабатической температуры горения  $T$ . Так, при использовании водородно-кислородных смесей  $H - O_2$  она равна 0,128 мм, метанокислородных смесей  $CH_4 - O_2 - 0,24$  мм, ацетиленовоздушных  $C_2H_2 - \text{воздух} - 0,71$  мм. В сварочном производстве зону нормального распространения пламени  $\lambda_{н}$  называют средней зоной пламени. На ее конце температура продуктов горения достигает максимума, а затем начинает уменьшаться. При турбулентном течении средняя зона пламени  $\lambda_{н}$  размыта, она отличается значительной толщиной, усложняет расчет  $L$ , поскольку ее значения зависят от процесса распространения пламени от периферии к центру, т. е. от скорости распространения – фронт турбулентного течения.

Длина зоны догорания  $L_{д}$ , расположенной между средней зоной и концом факела пламени (границей полного сгорания), в основном зависит от кинетических свойств горючей смеси.

Эффективность процесса сгорания в целом определяется общей длиной факела пламени:

$$L_{\phi} = L_x + \lambda_{н} + L_{д} \quad (1)$$

В случае ламинарного характера течения  $\lambda_{н} \approx 0$ .

При газопламенном напылении порошкового материала рабочей зоной в основном является зона догорания, в которой, как правило, происходит нагрев частиц до температуры их плавления или пластического состояния.

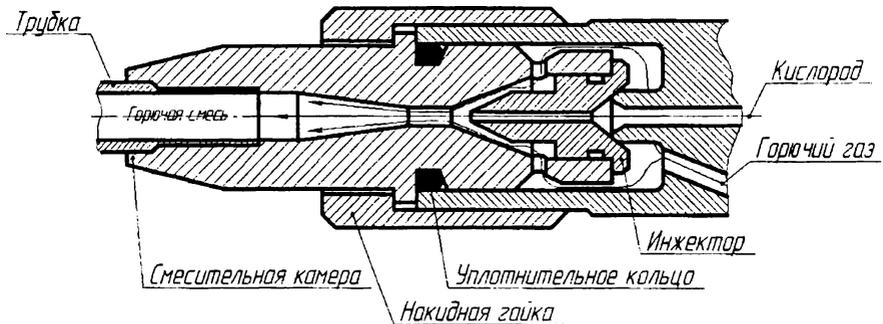


Рисунок 3 – Устройство инжектора

Струя кислорода, выходя под давлением из инжектора, создает разрежение в смесительной камере, подсасывая туда горючий газ. Образующаяся газокис-

лородная смесь проходит по наконечнику и выходит из мундштука. Для работы горелки важны соотношения сечений канала инжектора, смесительной камеры, наконечника и отверстия мундштука, а также соотношение давлений, которое подбирается по виду пламени. Безинжекторная горелка также имеет смесительную камеру, но не имеет инжектора. Поэтому горючий газ и кислород должны подаваться под одинаковым давлением.

Для такой горелки меньшее значение имеет соотношение сечений, поэтому она дает более устойчивое пламя. Однако газовая аппаратура, обеспечивающая равенство давлений газа и кислорода, сложнее пары баллонных редукторов.

### Оценка эффективности использования теплоты при напылении порошков меди, сплава на основе никеля и железного порошка горелкой «Евро-Джет Х8-7» со стандартным набором сменных мундштуков

Рекомендации для определения параметров режима газопламенного напыления покрытий водородно-кислородным пламенем сжигания (ВКС). Учитывая, что удовлетворительное качество покрытий можно получить при ламинарном течении продуктов горения смеси, средняя скорость истечения не должна превышать критической скорости, при которой осуществляется переход ламинарного в турбулентное течение продуктов горения. Для ВКС критическая скорость ( $U_m$  максимальная) составляет 70 м/с, для ВКС+16% паров спирта – 65 м/с и ВКС+5,5% паров бензина — 50 м/с.

Расход газовой смеси определяется при условии достаточной теплоты для расплавления напыляемого порошкового материала, которое можно оценить равенством теплоты расплавленного материала и эффективной тепловой мощности пламени, использованного для напыления

$$m_{pm} \cdot C_{pm} = Q_H \cdot V_{rc} \cdot \eta_{эф}, \quad (2)$$

где  $m_{pm}$  – масса расплавленного напыляемого материала, кг/ч;

$Q_H$  – низшая теплотворная способность газовой смеси, МДж/м<sup>3</sup>;

$\eta_{эф}$  – эффективный КПД процесса нагрева материала газовым пламенем;

$C_{pm}$  – теплосодержание расплавленного материала, МДж/кг;

$V_{rc}$  – расход газовой смеси, М<sup>3</sup>/ч, определяемый по известной формуле:

$$V_{rc} = U_m d_c^2 / 354, \quad (3)$$

где  $d_c$  – диаметр сопла горелки для напыления, мм,

$U_m$  – средняя скорость истечения газовой смеси из сопла горелки, м/с, которая не должна превышать критическую скорость течения продуктов горения используемой смеси, при которой ламинарное течение становится турбулентным.

Используя справочные данные (табл. 1) об удельной теплоемкости единицы массы расплавленного материала и низшей теплотворной способности газовой смеси, приведенные выше для наиболее часто используемых газовых смесей и выбранного диаметра сопла стандартной горелки для напыления, можно определить оптимальный расход напыляемого порошка

$$m_{pm} = \frac{Q_H \cdot U_m \cdot d_c^2 \cdot \eta_{эф}}{354 \cdot C_{pm}}. \quad (4)$$

Эффективный КПД процесса нагрева напыляемого материала определяется экспериментально. В НТУУ «КПП» была проведена оценка эффективности использования теплоты при напылении порошков меди, сплава на основе никеля и железного порошка горелкой «Евро-Джет Х8-7» со стандартным набором сменных мундштуков диаметром (dc): 1,6; 2,0; 2,2 мм, и электролизно-водяного генератора А1803 производительностью до 1,6 м<sup>3</sup>/ч газовой смеси: ВКС, ВКС с добавками 5,5% паров бензина, и ВКС с добавками 16% паров этилового спирта (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH).

Таблица 1 – Удельная теплоемкость некоторых металлов при температуре плавления

Материал	Теплоемкость единицы массы расплавленного материала при температуре плавления $C_{pm} \cdot 10^{-3}, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$
Алюминий	334
Медь	207
Сталь	264
Никель	227
Керамика	342

Эффективность нагрева оценивалась эффективным КПД процесса нагрева напыляемого материала  $\eta_{эф}$ , представляющим собой отношение эффективной тепловой мощности пламени  $q$ , определяемой калориметрированием, к полной тепловой мощности пламени  $q_w$ , рассчитанной по низкой теплотворной способности для каждой из использованных газовых смесей

$$\eta_{эф} = q/q_n \quad (5)$$

Эффективную тепловую мощность  $q$  определяли калориметрированием, как количество теплоты, поглощенной при нагреве напыляемыми порошками исследуемых материалов с размером зерна 20-40 мкм на фиксированных расстояниях от конца горелки по длине факела медной пластины массой 0,95 кг, размером 3x350x150 мм однофазным (без порошка) и двухфазным факелом пламени. Расход порошков 0,76 кг/ч, время напыления 15 с. Температуру в калориметре объемом 20 л измеряли термометром Бекмана с точностью измерения  $\pm 0,01^\circ\text{C}$ .

Экспериментальное определение по длине факела эффективной тепловой мощности пламени, как на основе чистого ВКС, так и ВКС, обогащенного парами углеводородных соединений, показало, что изменение  $q$  зависит как от течения, так и от состава газовой смеси. Особенно влияет на эффективность нагрева расстояние от торца наконечника горелки до точки нагрева. При для ламинарном течении с расходом газовой смеси от 0,3 до 0,6 м<sup>3</sup>/ч и при турбулентном — от 0,62 до 1,25 м<sup>3</sup>/ч эффективная тепловая мощность однофазного газового потока ВКС находится в пределах от 200 до 210 кВт/ч и от 200 до 420 кВт/ч соответственно. Замеры проводились на дистанциях напыления от 10 до 300 мм. Добавка паров углеводородных соединений повышает эффективную тепловую мощность. Так, при сжигании ВКС+5,5% паров бензина при ламинарном течении она повышается от 155 до 520 кВт/ч, а

при турбулентном течении – от 251 до 661 кВт/ч. При сжигании ВКС+16% паров спирта она практически не изменяется, находясь в пределах от 212 до 40: кВт/ч при турбулентном течении продуктов горения смеси.

Анализ экспериментального определения эффективного КПД процесса нагрева образцов газовым пламенем показал, что эффективность нагрева меняется в зависимости от расстояния от кончика горелки до точки нагрева, от материала порошка и вида течения струи продуктов горения. Запыление струи продуктов горения слабоокисляющимися порошками существенно снижает эффективность нагрева, а при запылении струи порошком из легкоокисляющегося материала, например железа, эффективность нагрева образца заметно увеличивается.

Максимальная эффективность нагрева достигается на расстоянии 10 мм от кончика горелки до образца, т. е. в зоне пламени, обычно используемом для сварки, пайки, резки металлов.

На расстоянии порядка 150 мм от кончика горелки до образца, которое обычно считают оптимальным при напылении, эффективный КПД нагрева выше при ламинарном течении по сравнению с КПД при турбулентном течении струи продуктов горения при сжигании чистой водородно-кислородной смеси и ВКС+5,5% паров бензина и незначительно отличается при сжигании ВКС+16% паров спирта.

Проведенные исследования показали возможность для оптимальных дистанций напыления, при ламинарном течении продуктов горения водородно-кислородной смеси использовать для определяемого параметров напыления такие значения эффективного КПД. При напылении медного порошка (или порошка на основе меди)  $\eta_{эф} \sim 0,003$ , порошка на никелевой основе  $\eta_{эф} \sim 0,0033...0,004$ .

При использовании железного порошка и порошков с экзотермическими реакциями горения железа в кислороде  $\eta_{эф} \sim 0,007$ .

При напылении медного порошка, ламинарном течении продуктов горения ВКС+пары бензина  $\eta_{эф} \sim 0,004$ , порошка на никелевой основе  $\eta_{эф} \sim 0,0035$ , железного порошка  $\eta_{эф} - 0,0032$ .

При использовании смеси ВКС+пары спирта для всех исследованных выше порошков  $\eta_{эф} = 0,002$ .

Приведенные выше значения эффективного КПД можно использовать для определения расхода напыляемого порошка по приведенной выше формуле.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В работе необходимо описать теорию нанесения порошковых покрытий с применением горелки «Евро-Джет».

Определить согласно заданному варианту расход: газовой смеси (3) и напыляемого порошка (4) по формулам.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Выполнить расчет расхода газовой смеси и определить оптимальный расход напыляемого порошка для заданных условий напыления согласно таблице 2.

Таблица 2 – Варианты заданий

Вид топлива	Вид порошка	$U_{т, м/с}$	$d_c, мм$
ВКС	На никелевой основе	40	1,6
	На основе железа	45	2,0
		50	2,2
		55	
		60	
		65	
ВКС+пары бензина	На никелевой основе	20	1,6
	На основе железа	25	2,0
	Железный порошок	30	2,2
	Медный порошок	35	
		40	
		45	
ВКС+пары спирта	На никелевой основе	35	1,6
	На основе железа	40	2,0
	Железный порошок	45	2,2
	Медный порошок	50	
		55	
		60	

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы, цель.
2. Краткая теория вопроса.
3. Задание и расчет газовой смеси и напыляемого порошка.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Технология газопорошкового напыления с использованием специальных горелок.
2. Факел ацетиленокислородного пламени газосварочной горелки.
3. Устройство инжекторных и безинжекторных горелок.
4. Оценка эффективности использования теплоты при напылении.
5. Расход газовой смеси для расплавления напыляемого порошкового материала.
6. Расход напыляемого порошка.

## Лабораторная работа №2

**Восстановление деталей машин методом газопламенного напыления порошковыми материалами с помощью пистолета «МОГУЛ У9»**

Цель работы: ознакомиться с технологией газопорошкового напыления с помощью пистолета «МОГУЛ У9».

Работа рассчитана на 2 академических часа.

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Пистолет «МОГУЛ У9» для газопламенного напыления порошковыми материалами выпускался на совместном советско-австрийском предприятии «ИНТЕРФАКЕЛ».

#### 1. Назначение

Пистолет газопламенного напыления «МО ГУЛ У-9» служит для нанесения защитных антикоррозионных и антифрикционных покрытий на любые поверхности.

Напыление производится металлическими и керамическими порошками с помощью ацетилено- или пропано-бутаново-кислородного пламени.

#### 2. Технические данные

№	Наименование параметра, ед. измерения	Величина
1	Грануляция порошковых материалов, мкм	35-105
2	Расход горючих газов, л/мин.	
2.1	ацетилен	18
2.2	пропан-бутан	20
3	Расход кислорода, л/мин.	12
4	Расход порошковых материалов, кг	1,5-3
5	Масса пистолета, кг	1,5

#### КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ:

1. Пистолет-распылитель – 1 шт.
2. Чемодан – 1 шт.
3. Зажигалка – 1 шт.
4. Очки защитные – 1 шт.
5. Возвратно-предохранительный клапан кислородный – 1 шт.
6. Возвратно-предохранительный клапан ацетиленовый – 1 шт.
7. Ключ разводной или набор ключей – 1 шт.
8. Ключ шестигранный – 1 шт.
9. Кронштейн для крепления пистолета на станке – 1 шт.
10. Смазка для уплотнительных колец – 1 тубик
11. Наконечник с накидной гайкой для ацетилена – 1 шт.
12. Наконечник с накидной гайкой для кислорода – 1 шт.

- |  |         |
|--|---------|
| 13. Кольца уплотнительные:                             |         |
| - 18,72 x 2,62   | - 3 шт. |
| - 6 X 1,5  | - 3 шт. |
| - 10 x 2   | - 3 шт. |
| - 9,19 x 2,62  | - 2 шт. |
| 14. Канал для подачи порошка                           | - 1 шт. |
| 15. Сопло для работы керамическим порошком             | - 1 шт. |
| 16. Переходник специальный для работы на пропан-бутане | - 1 шт. |

## **ИНСТРУКЦИЯ**

по эксплуатации пистолета газопламенного напыления «Могул У-9» для холодного, горячего и керамического напыления

1. Область применения.
2. Подготовка пистолета к работе.
3. Руководство по эксплуатации.
  - 3.1. Подготовка.
  - 3.2. Предварительный нагрев.
  - 3.3. Нанесение упрочняющего слоя.
  - 3.4. Напыление.
  - 3.5. Напыление керамического покрытия.
4. Практические указания.
5. Горячее напыление.
6. Содержание и обслуживание пистолета.
7. Указания по мерам безопасности.

### **1. Область применения**

Пистолет «Могул У-9» разработан для напыления металлических и керамических порошков толщиной от 0,1 до нескольких миллиметров как на большие, так и на маленькие детали.

Может применяться для нанесения покрытий на детали типа “Вал”, а также на плоские детали.

Нанесение покрытий может производиться на большинство промышленных металлов:

- стали углеродистые, низко- и высоколегированные, термически обработанные;
- нержавеющие стали;
- серый чугун;
- сплавы из бронзы и меди, за исключением чистой меди;
- алюминий и алюминиевые сплавы.

Холодное напыление применяется как для защиты от износа новых деталей, так и для восстановления изношенных. Этот метод особенно рекомендуется для тех деталей, обработка которых в определенном температурном режиме может привести к линейным деформациям и структурным изменениям металла. Сли-

пание происходит вследствие порционного сваривания частиц порошка с основным материалом через экзотермическую реакцию. Максимальная температура в деталях, таких, например, как залы, опорные шейки, гнезда подшипников, направляющие и т. д., 250°С. Микропористость напыленного слоя обеспечивает оптимальную смазку.

## 2. Подготовка к работе

Кислород и ацетилен /пропан-бутан/ подаются к пистолету посредством шлангов через редуционный клапан.

Редуционный клапан следует предварительно закрыть чтобы после открытия баллона газ не попадал в пистолет. Для этого вентиль на баллоне открывается и открывается вентиль на пистолете, вентилем на редуционном клапане устанавливается необходимое давление рабочих газов. После установки рычажка в нужную отметку вентиль на пистолете необходимо закрыть, после этого пистолет готов к работе.

Вентиль подачи порошка следует закрыть, снять крышку для порошка, наполнить ее порошком и снова закрыть крышку.

Для зажигания пистолета вентиль подачи газа следует открыть и зажечь газовую смесь. Воспламенение газа сопровождается легким щелчком, что является вполне естественным.

Если все подготовительные работы осуществлены, можно открыть кран подачи порошка и начать напыление.

Таблица основных рабочих параметров пистолета «Могул У-9» (давление рабочих газов,  $\frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{см}^2}$ )

Порошки на основе Мо, Ni и W	Самофлюсирующиеся порошки	Керамический порошок	Порошок из бронзы
Ацетилен 0,5	0,6	0,7	0,5
Кислород 1,2	1,2	1,2	3,0
Пропан-бутан 0,8	0,9	1,0	0,8

Поставляемые в качестве комплектующих деталей возвратные предохранительные клапаны обеспечивают дополнительную надежность и безопасность пистолета «Могул У-9».

Присоединительный штуцер для ацетилена имеет левую резьбу, для кислорода - правую резьбу.

Установка рабочего давления газов для холодного и горячего напыления:

ацетилен 0,5 – 0,8;

кислород 1,2.

После зажигания пистолета пламя регулируется кислородным вентилем. Для всех металлических порошков, кроме бронзы, пламя нейтральное, среднее. Бронзовый порошок напыляется при двойном увеличении подачи кислорода.

Керамический порошок напыляется с повышенной подачей ацетилена. Пламя из-за высокой температуры плавления керамических порошков должно быть пониженным.

### 3. Руководство по эксплуатации

3.1. Подготовка, которая должна выполняться непосредственно перед самым напылением:

- обезжирить обрабатываемую деталь;
- удалить излишний металл в зоне напыления;
- произвести предварительный нагрев (30 - 40°C);
- подготовить зону напыления посредством пескоструйной обработки, точения, шлифования и др.

а/ подготовка шлифованием (использовать круги карбида кремния);

б/ подготовка точением (подача 0,7 мм/об. – сталь; до 0,9 мм/об. – серый чугун; глубина резания - половина подачи 0,35 - 0,45 мм).

Режущий инструмент применять только твердосплавный, угол при вершине профиля 45°, радиус вершины резца 0,2 - 0,4 мм.

Расстояние от обрабатываемой детали до сопла пистолета должно составлять около 200 мм.

Окружная скорость детали при напылении 25 - 30 м/мин.

Подача пистолета - около 5 мм на каждый оборот детали.

После того, как поверхность подготовлена, те места, которые не должны подвергаться напылению, необходимо защищать.

#### 3.2. Предварительный нагрев

При нанесении покрытий на валы деталь необходимо подогреть до 50 - 80°C.

Для нанесения покрытий на внутренние поверхности — до 80 - 100°C.

Плоскости из меди и алюминия подогреваются до 100 - 120°C.

#### 3.3. Нанесение упрочняющего слоя.

Нанесите тонкий слой металлического порошка ПТ-НА-01 толщиной 0,1 мм. Вентиль дозатора установите на отметку 05-1 .

Если напыляется плоская деталь, то её необходимо закрепить в вертикальном положении.

#### 3.4. Напыление.

Подберите для напыления соответствующий металлический порошок. В качестве пособия мы прилагаем к настоящей инструкции справочные данные по порошкам, выпускаемым нашей промышленностью.

Дозирующий вентиль устанавливается в положение 1-2, дистанция от сопла пистолета до детали, скорость вращения детали и перемещения пистолета – как при нанесении упрочняющего слоя. Толщина напыляемого слоя должна быть на 0,5 мм больше желаемого размера, который необходимо получить после механической обработки.

При длительной работе по напылению, например, больших валов, поршневых штоков и т. д., пистолет лучше всего закрепить с помощью специального приспособления на суппорта токарного станка, подача составляет 5-6 мм/об. Температура обрабатываемой детали не должна превышать 250°C.

При обработке маленьких деталей не следует наносить весь слой за один проход, а выдерживать паузы для охлаждения во время вращения детали. Этим достигается равномерное охлаждение.

### 3.5. Напыление керамического порошка.

Подготовка пистолета к работе производится так же как и при напылении металлическими порошками.

Расстояние от сопла пистолета до обрабатываемой детали 70-80 мм, положение дозирующего вентиля 0,5-1. Скорость вращения детали 20-25 м/мин, подача - 5 мм/об.

#### Особенности напыления керамических материалов.

В первую очередь необходимо заменить сопло для металлических порошков на сопло для напыления керамических порошков, которое входит в комплект поставки пистолета. Подготовка поверхности только посредством пескоструйной обработки или шлифованием.

Температура обрабатываемой детали не должна превышать 150°C.

### **4. Практические указания:**

- перед началом работы хорошо встряхните емкость с порошком, чтобы порошок хорошо перемешался;
- закрепите пистолет на суппорте токарного станка, тогда слой напыления получится более ровный, чем вручную;
- при напылении внутренних поверхностей минимальный угол напыления составляет 45°, например при внутреннем диаметре отверстия 100 мм глубина напыления составляет 100 мм;
- не напыляйте вблизи зажимного патрона токарного станка. Кулачки действуют как лопасти вентилятора и завихряют поток порошка;
- для механической обработки напыленного слоя применяйте только твердосплавный инструмент или мокрое шлифование;
- после окончания работы клапан дозировки порошка установите в положение 4. Таким образом с него снимается напряжение, чем гарантируется безупречная работа в дальнейшем;
- храните порошок в сухом месте и после работы хорошо закрывайте крышку емкости с порошком;
- при длительной работе должна быть обеспечена хорошая вентиляция рабочего места.

### **5. Горячее напыление порошка с последующим оплавлением**

1. Деталь необходимо обезжирить.
2. Предварительный нагрев: около 100°C.
3. Подготовка: пескоструйная обработка или шлифование .
4. Дальнейший подогрев: около 150-250°C, в зависимости от марки материала.
5. Напыление необходимого порошка. Окружная скорость обрабатываемой детали 20 - 30 м/мин.
6. Плавление (слипание). Окружная скорость детали 10 м/мин.
7. Охладить деталь в грануляте (керамзит).
8. Если напылять на токарном станке, скорость подачи составит 5-6 мм/об.

Важно: при оплавлении выставляйте уменьшенное пламя (избыток газа). За один рабочий ход толщина наплавленного слоя не должна превышать 1,5 мм, с тем, чтобы гарантировать надежную наплавку. Если необходим более толстый слой, то после расплавления первого слоя, нагретого еще до красна, произведите снова напыление и повторное расплавление, пока не будет достигнута необходимая толщина слоя.

Обработка: мокрое шлифование или на токарном станке.

## **6. Содержание и обслуживание пистолета**

Пистолет газопламенного напыления «Могул У-9» выполнен надежно и качественно, он не требует специального ухода. При замене уплотнительных колец новые перед установкой необходимо смазывать специальной смазкой.

## **7. Указание по мерам безопасности**

1. При работе с пистолетом «Могул У-9» необходимо соблюдать общие правила техники безопасности и газового хозяйства.

2. Продувку шлангов подвода кислорода и горючего газа разрешается производить только инертными газами (азот, аргон).

3. Запрещается присутствие посторонних лиц в зоне работы аппарата.

4. Обслуживающий персонал должен быть обучен работе с пистолетом, пройти инструктаж со сдачей экзаменов по правилам техники безопасности.

5. При переходе на работу с пропан-бутаном вместо ацетилене необходимо обязательно на вводном штуцере поставить специальный переходник для работы на пропан-бутане.

## **Приложение**

### **МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ ТОРЕЗСКОГО ЗАВОДА НАПЛАВОЧНЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ**

#### **1.1. ПОРОШКИ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ И НАПЛАВКИ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ, КОБАЛЬТА И МЕДИ**

По ТУ 48-19-383-84 заводом выпускаются следующие порошки:

– Порошки гранулированные (ПГ), предназначенные для порошковой наплавки: ПГ-10Н-01, ПГ-10Н-04, ПГ-10К-01.

– Порошки гранулированные и высоколегированная порошковая смесь (ПС), предназначенные для газотермического напыления с последующим оплавлением: ПГ-12Н-01, ПГ-12Н-02, ПС-Г2НВК-01.

– Порошок гранулированный и композиционные порошки терморреагирующие (ПТ), предназначенные для газотермического напыления без последующего оплавления: ПТ-19Н-01, ПТ-19Н-01, ПТ-19М-01.

1.1.1. Гранулометрический состав порошков должен соответствовать нормам, указанным в таблице 1.

Таблица 1

Марка порошка	Остаток в % на сетках ГОСТ 6613-73 №004		Просев в % ГОСТ 6613-73 №004
ПГ-10Н-01	до 10	остальное	до 30
ПГ-10Н-04	до 10	остальное	до 30
ПГ-10К-01	до 5	остальное	до 15
ПГ-12Н-01	до 5	остальное	до 10
ПГ-12Н-02	до 5	остальное	до 10
ПГ-19М-01	до 15	остальное	до 5
ПТ-НА-01	до 3	остальное	до 10
ПТ-19-01	до 10	остальное	до 25

По согласованию с потребителем порошки могут поставляться и другого гранулометрического состава.

1.1.2. Порошок самофлюсующегося сплава ПГ-10Н-01 предназначен для газопламенной порошковой наплавки. Возможно применение порошка для газотермического напыления с последующим оплавлением.

Сплав обладает сравнительно низкой (1020-1050°) температурой плавления и повышенной текучестью, что обеспечивает получение после наплавки очень гладкой поверхности. Наносится на простые и нержавеющие стали и чугуны.

Применяется для восстановления и упрочнения штампового инструмента в инструментальной, стекольной и керамической промышленности, инструмента и деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания, направляющих прокатных станков, шеек кулачковых валов, эксцентров, храповиков, мешалок, цепей транспортеров, толкателей, кулачков и различных опор, сопел и отверстий литников при отливке из пластмасс.

Наплавленный слой характеризуется высокой стойкостью при износе трением, устойчив против абразивного изнашивания и окисления при нормальных и повышенных (до 700°С) температурах. Рекомендуемая толщина покрытия - до 2 мм. Сопротивление ударам удовлетворительное.

Покрытия обрабатываются шлифованием.

Твердость наплавленного слоя – от 55 до 62 НRC.

1.1.3. Порошок самофлюсующегося сплава ПГ-ЮН-0-4 предназначен для газопламенной порошковой наплавки преимущественно деталей из стали и чугуна. Возможно применение порошка для газотермического напыления с оплавлением на детали из простых и нержавеющих сталей с целью восстановления геометрических размеров.

Наплавленный слой имеет низкий коэффициент трения, хорошую коррозионную стойкость. Максимально допустимая температура 600° С. Сопротивление ударам высокое.

Применяется для восстановления и упрочнения штампового инструмента, зубчатых колес, валов, кулачковых муфт, посадочных мест под подшипники качения, седел и клапанов. Отличные результаты получены при исправлении дефектов чугунного литья, заварки неправильно просверленных или овальных отверстий на деталях, забракованных после механической обработки. Воз-

можно применение сплава для нанесения промежуточного слоя перед наплавкой более твердым порошком в случае необходимости наплавки толстых покрытий.

Рекомендуемая толщина наплавленных покрытий – до 10 мм. При напылении с последующим оплавлением – до 2 мм.

Покрытия обрабатываются резанием, ручным заточным и запиловочным инструментом. Возможно фрезерование инструментом, оснащённым твердыми сплавами.

Твердость наплавленного слоя – от 86 до 97 HRB.

1.1.4. Порошок самофлюсующегося сплава ПГ-ЮК-ОТ предназначен для газопламенной порошковой наплавки. Возможно применение порошка для газотермического напыления с последующим оплавлением.

Наплавленный слой характеризуется высокими антифрикционными свойствами и абразивной стойкостью при повышенных (до 800°С) температурах в присутствии агрессивных сред и отличается высокой прочностью при контактных нагрузениях.

Сплав наносится на детали и инструмент из простых и нержавеющей сталей. Возможно нанесение качественных покрытий на стали мартенситного класса.

Применяется для упрочнения и восстановления деталей кузнечно-прессового оборудования, лопаток авиационных двигателей, клапанов двигателей внутреннего сгорания, режущих кромок деревообрабатывающего инструмента, прессового инструмента, прессового инструмента, работающего в коррозионных средах в сочетании с абразивным износом.

Рекомендуемая толщина покрытий - до 3 мм.

Наплавленный слой обрабатывается шлифованием.

Твердость наплавленного слоя – от 45 до 50 HRC.

1.1.5. Порошок самофлюсующегося сплава ПТ-12Н-01 предназначен для газотермического напыления с последующим оплавлением.

Гранулометрический состав сплава обеспечивает использование порошка при газопламенном методе напыления.

Наплавленный слой характеризуется высокими антифрикционными свойствами, устойчив против коррозии при нормальных и повышенных (до 700° С) температурах. Сопротивление ударам высокое.

Сплав наносится на детали и инструмент из простых и нержавеющей сталей. Возможно нанесение на чугун.

Применяется для упрочнения и восстановления поршней, валов и муфт насосов, направляющих лопаток, пресс-форм и штампов в инструментальном, стекольном, керамическом производствах.

Возможно применение сплава для газопламенной порошковой наплавки зубчатых колес, кулачковых муфт, шлицев, седел клапанов.

Рекомендуемая толщина напыляемого покрытия 0,3±0,5 мм. Покрытия обрабатываются резанием твердосплавным инструментом и шлифованием.

Твердость напыленного слоя – от 35 до 44 HRC.

1.1.6. Порошок самофлюсующегося сплава ПГ-12Н-02 предназначен для газотермического напыления с последующим оплавлением.

Гранулометрический состав сплава обеспечивает использование порошка при газопламенном методе напыления.

Наплавленный слой характеризуется высокими антифрикционными свойствами, устойчив против коррозии при нормальных и повышенных (до 700°C) температурах. Сопротивление ударам хорошее. Абразивная стойкость удовлетворительная.

Сплав наносится на детали из простых и нержавеющей сталей и чугуна.

Нанесение покрытий на детали из сталей мартенситного класса затруднено.

Применяется для упрочнения и восстановления валов, поршней насосов, прокатных валков, направляющих роликов, уплотнительных колец арматуры высокого давления, деталей запорной арматуры и в газопроводах, пресс-форм и штампов в инструментальном, стекольно-керамическом и кирпичном производстве.

Возможно применение сплава для газопламенной порошковой наплавки кулачков, распределительных валов, эвольвенты зубчатых колес и шлицев.

Рекомендуемая толщина напыляемого покрытия -  $0,3 \pm 1,5$  мм.

Покрытия обрабатываются шлифованием абразивным инструментом из зеленого карбида кремния. Возможна обработка резанием твердосплавным инструментом.

Твердость напыленного слоя – от 45 до 54 HRC.

1.1.7. Порошковая смесь самофлюсующего гранулированного сплава с карбидом вольфрама ЛС-Т2НВК-01 представляет собой порошковую механическую смесь, состоящую из 65 % по массе порошкового сплава ПГ-ЮН-ОТ и 65% карбида вольфрама.

Наплавленный слой характеризуется высокими антифрикционными свойствами, устойчив против коррозии при нормальных и повышенных (до 700°C) температурах.

Износоустойчивость при абразивном изнашивании и эрозия отличная. Сопротивление ударам хорошее.

Порошок наносится на детали и инструмент из простых и нержавеющей сталей и чугуна.

Применяется для упрочнения и восстановления лопастей смесителя для перемешивания абразивных материалов, транспортировочных шнеков, лезвий ножей, почвообрабатывающего инструмента кирпичного, керамического и стекольного производства.

Покрытия обрабатываются только шлифованием.

1.1.8 Порошковый материал марки ПТ-НА-ОТ представляет собой биметаллический порошок, состоящий из гранул никеля, покрытых тонким слоем алюминия, и предназначен исключительно для газотермического нанесения покрытий "холодным" способом с помощью установок газопламенного или плазменного напыления.

В процессе прохождения указанного порошка через высоко-температурную зону распылительных устройств (горелки или плазмотрона) происходит экзотермическая реакция между никелем и алюминием, характеризующаяся выделением значительного количества тепла. В результате этого происходит микро-

сваривание порошка с основным металлом детали и обеспечивается высокая прочность сцепления покрытия с основой.

Порошковый материал ПТ-НА-01 наносится на детали из цветных и черных металлов, за исключением чистой меди. Применяется только в качестве подслоя для последующего нанесения износостойких порошковых материалов (сплавов, карбидов, окислов и др.).

Оптимальная толщина подслоя из порошка ПТ-НА-01 0,1 - 1,5 мм.

Рекомендуемая дистанция напыления для аппаратов газопламенного напыления - 200 мм.

1.1.9. Порошковый материал марки ПТ-19Н-01 представляет собой биметаллический порошок, состоящий из гранул самофлюсующегося сплава на никелевой основе, покрытых слоем алюминия, предназначен для газотермического нанесения покрытий "холодным" способом с помощью установок и аппаратов газопламенного или плазменного напыления. Разогрев основного металла детали после нанесения порошка не должен превышать 250°C.

Порошковый материал обладает экзотермическим эффектом. Однако для обеспечения высоких адгезионных характеристик покрытия его необходимо наносить только по подслою из порошка ПТ-НА-01.

Напыленное покрытие характеризуется высокими антифрикционными свойствами, устойчиво против окисления. Применяется для восстановления поршней гидравлических домкратов, шпинделей станков, коленчатых валов, а также различных опорных поверхностей и посадочных мест под подшипники.

Твердость напыленного покрытия составляет 28 - 40 HRC и зависит от типа применяемого оборудования и методов нанесения (газопламенного или плазменного).

Покрытие обрабатывается шлифованием или резанием.

Оптимальная толщина покрытия - 0,5 - 1,0 мм.

Рекомендуемая дистанция напыления - 180 - 200 мм.

1.1.10. Порошок алюминиевой бронзы марки ПГ-19М-01 предназначен для газотермического нанесения покрытий "холодным" способом с помощью установок газопламенного или плазменного напыления. Нагрев основного металла детали после нанесения порошка не должен превышать 250°C;

Порошок наносится на детали только по подслою из порошка ПТ-НА-01.

Напыленное покрытие характеризуется высокими антифрикционными свойствами, имеет низкий коэффициент трения. За счет наличия пористости работает как спеченный антифрикционный материал. Сопротивление ударам удовлетворительное.

Порошок применяется для восстановления трущихся поверхностей деталей машин и агрегатов. Может быть использован при изготовлении газотермическим напылением биметаллических изделий типа "сталь-бронза" и т. п.

Напыленный слой обрабатывается резанием.

Рекомендуемая толщина напыляемых покрытий - до 3 мм. Возможно получение и более толстых слоев.

Твердость напыленного слоя должна составлять 45-75 HRC, она зависит от типа применяемого оборудования и методов нанесения.

Рекомендуемая дистанция напыления 130 - 160 мм.

По ГОСТ 21448-75 завод выпускает гранулированные порошки сфероподобной формы: ПГ-СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4 и по ТУ 48\_19<sup>ж</sup> НПЧ-3.

1.1.11. Порошок марки ПГ-СР2 предназначен для газопламенной и газовой наплавки и напыления деталей, подвергающихся изнашиванию при нагреве до 550°C и воздействию агрессивных сред, применяется для наплавки уплотнительных поверхностей арматур тепловых и атомных электростанций. Износостойкость при трении по металлу хорошая, как при нормальной, так и при температуре до 600°C. Сопротивление ударам высокое. Легко обрабатывается режущим инструментом.

Твердость порошка не менее 35 HRC.

1.1.12. Порошок НПЧ-3 предназначен для газопорошковой наплавки чугуновых деталей и заварки чугунового литья. Износостойкость высокая в условиях трения-скольжения по металлу. Сопротивление ударам высокое. Легко обрабатывается режущим инструментом. Наплавка производится без предварительного подогрева. Твердость порошка - не менее 180 - 220 HRB.

1.1.13. Порошки марки СНГН-50 предназначены для наплавки и напыления деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания при нагреве до 600°C и воздействия агрессивных сред. Применяется для наплавки и напыления валов, кулачков, направляющих клапанов, золотников, шнеков и других деталей. Износостойкость хорошая в условиях трения по металлу и абразивного изнашивания. Сопротивление ударам высокое. Наплавленные детали обрабатываются шлифованием.

Твердость порошка 47 - 53 HRC.

1.1.14. Порошок марки СНГН предназначен для наплавки и напыления деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания при нагреве до 600°C и воздействия агрессивных сред.

Применяется для наплавки и напыления валов, кулачков, направляющих клапанов, золотников, шнеков и других деталей. Износостойкость - высокая в условиях трения по металлу и абразивного изнашивания при нормальных и повышенных температурах. Сопротивление ударам высокое. Твердость порошка 53 - 58 HRC.

Обработка абразивным инструментом.

1.1.15. Порошок марки СНГН-60 предназначен для газопорошковой наплавки и напыления деталей, подвергающихся интенсивному изнашиванию при температурах до 550°C и воздействию агрессивных сред.

Предназначен для наплавки и напыления валов, кулачков, лопаток смесителей, штоков насосов, направляющих клапанов, золотников, шнеков и др.

Износостойкость высокая в условиях трения металла о металл и абразивного изнашивания при нормальных и повышенных температурах. Сопротивление ударам удовлетворительное. Твердость порошка не менее 58 HRC. Наплавленные детали обрабатываются шлифованием.

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ "ТУЛАЧЕРМЕТ". ПОРОШКИ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ СПЛАВОВ

ТУ I4-1-3785-84 Краткая техническая характеристика . Марка и химсостав

Марка П	Массовая доля, %							Твёрдость HRC
	никель	углерод	хром	кремний	бор	железо	марганец	
ПР-Н80Х13С2Р	осн	0,2-0,4	12-14	2-2,8	1,2-1,8	до 5	-	25-35
ПР-Н77Х15С3Р2	-	0,35-0,6	14-16	2,8-3,5	1,8-2,3	до 5	-	35-45
ПР-Н73Х16С3Р3	-	0,6-0,9	15-17	2,7-3,7	2,3-3,0	до 5	-	45-55
ПР-Н70Х17С4Р4	-	0,8-1,2	16-18	3,8-4,5	3,1-4,0	до 5	-	55
ПР-Н67Х18С5Р5	-	0,9-1,5	16-19	4-5	4-4,7	до 5	до 1	60
ПР-Н65Х25С3Р3	-	0,9-1,5	23,5-26,5	2,1-2,3	2-3	до 5	0,05-0,35	45
ПН68Х21С5Р	-	0,35-0,5	20-22	4-5	1,0-1,3	4-7	-	40

Гранулометрический состав.

По гранулометрическому составу порошки разделяют на 5 классов: 20 - 63 мкм; менее 40 -100 мкм; 30 - 160 мкм; 100-280 мкм.

Основные свойства и области применения.

Твердость наплавленного слоя, определяемая после плазменного напыления с последующим сплавлением напыленного слоя газовой горелкой, зависит от марки порошка, приведена в таблице. По химическому составу перечисленные сплавы являются в основном аналогами известных марок типа ПГ-СР и СНГН, однако отличаются пониженным содержанием кислорода и других примесей, а также иным делением на классы по гранулометрическому составу, предусматривающим использование их не только для наплавки, но и для напыления. Позволяют создавать плотные беспористые слои, что особенно важно при создании уплотнительных поверхностей арматуры высокого давления энергетических установок. Порошки хромоникелевых сплавов можно наносить на узлы и детали машин всеми известными способами наплавки и напыления. Оплавление нанесенных покрытий, а также свободно насыпанных порошков производится газопламенной горелкой, ТВЧ, лазерным лучом и другими источниками тепла. Покрытия сочетают высокую стойкость к износу с коррозионной стойкостью, позволяют эксплуатировать детали в условиях ударных нагрузок и в агрессивных средах с абразивным износом при температурах до 600°С.

Применяются для восстановления и упрочнения клапанов и распределительных валов двигателей внутреннего сгорания, лопаток, роторов, вентиляторов, валов и втулок гидронасосов, деталей сельскохозяйственных машин и т. д. Для повышения износостойкости покрытий используют композиции на основе самофлюсующихся материалов с высокотвердыми наполнителями: карбидами, боридами, оксидами и т. п.

Стоимость порошков зависит от химического и гранулометрического состава и находится в пределах 8 - 11 руб. за 1 кг.

## ПОРОШКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Краткая техническая характеристика. Марки и химсостав

Марка	Среднее содержание легирующих элементов, %				
	углерод	хром	никель	ванадий	медь
ПР-15Х12Ф6Д (ХВС-3)	1,5	12	-	6,5	0,4
ПР-29Х14Ф12Д (ХВС-7)	2,9	14,5	-	12	1,0

Гранулометрический состав.

Порошки выпускаются с размером частиц не более 630 мкм. По согласованию с потребителями могут поставляться грануляцией, указанной в таблице приложения.

Основные свойства и области применения.

Форма частиц порошка сферическая. Текучесть не более 25 секунд. Порошки ПР-15Х12Ф6Д, ПР-29ХГ4Ф12Д представляют собой стали типа ХГ7 и ХГ3, упроченные введением в матрицу боридов и карбидов хрома и ванадия. Предлагаются для напыления и наплавки износостойких и коррозионно-стойких покрытий. Обеспечивают твердость покрытий до 55 HRC.

## ПОРОШКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ ЧУГУНОВ

Краткая техническая характеристика. Марки и химсостав

Марка	ГОСТ, ТУ	Массовая доля, %					
		углерод	хром	кремний	марганец	вольфрам	молибден
ПГ-С27	ГОСТ 21448-75	3,3-4,5	25-28	1-2	0,8-1,5	0,2-0,4	0,08-0,15
ПГ-С1 (сормайт)	-	2,5-3,3	27-31	2,8-4,2	0,4-1,5	Никель 3-5	-
ПГ-ФБХ6-2	-	3,5-5,5	32-37	1,0-2,5	1,5-4,0	-	1,3-2,0
ПГ-УС25	-	4,4-5,4	35-41	1,6-2,6	до 2,5	1,0-1,8	-
ПР-Ч1022СГ	Разраб.	1,6-2,5	-	1,0-2,0	0,4-0,8	Алюминий 19-25	-
ПР-ЧН15Д7	ТУ14-127-204-82	2,2-3	1,5-3,0	2,0-2,5	0,5-1,6	Медь 5-8	Никель 14-16

Гранулометрический состав.

Порошки наплавочные выпускаются с размером частиц менее 800 мкм классов С, М и ОМ по ГОСТУ 21448-75. Порошки марок ПР-ЧН15Д7 и ПР-ЧЮ22СГ по согласованию с потребителем могут поставляться грануляцией, указанной в таблице приложения.

Основные свойства и области применения.

Порошки ПГ-С27, ПГ-С1, ПГ-ФБХ6-2, ПГ-УС25 используются для наплавки деталей металлургического, сельскохозяйственного, энергетического, горного и другого оборудования, работающего в условиях абразивного изнашивания при нормальных и повышенных (до 500°C) температурах.

Обеспечивают твердость наплавленного слоя выше 50 HRC.

При наплавке и напылении порошка ПР-ЧН15Д7 получают слои, которые отличаются коррозионной стойкостью в сочетании с износостойкостью, жаро-

стойкостью и жаропрочностью. ПР-ЧЮ22СГ предлагается к использованию для защиты деталей, работающих при высоких температурах в условиях газовой коррозии абразивного износа.

Стоимость порошков зависит от химического и гранулометрического состава и находится в пределах 0,7 - 20,6 условных единиц за 1 кг.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с назначением и техническими данными пистолета «МОГУЛ У9» по паспортным данным.
2. Ознакомиться с устройством и областью его применения.
3. Изучить основы правильной эксплуатации.
4. Собрать комплект согласно инструкции.
5. Изучить правила безопасности при пользовании.
6. Описать заданный преподавателем порошок из числа используемых для напыления (с твердым сплавом, самофлюсующиеся, из высоколегированных сталей).

### **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1. Название работы, цель.
2. Оформить отчет согласно методическим указаниям.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назначение и технические данные пистолета «МОГУЛ У9».
2. Устройство и область его применения.
3. Основы правильной эксплуатации.
4. Правила безопасности при пользовании.

### **Литература**

1. Корж, В.Н. Обработка материалов водородно-кислородным пламенем / В.Н. Корж, Ю.С. Попиль. – Киев: Екотехнология, 2010. – 194 с.
2. Паспорт пистолета газопламенного напыления «Могул У-9» предприятия «ИНТЕРФАКЕЛ».

*Составители:*  
*Левданский Алексей Маратович*  
*Кудрицкий Ярослав Владимирович*  
*Ялковский Николай Степанович*

*Технологии газопорошкового напыления*

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для выполнения лабораторных и практических работ  
по дисциплине «Технология производства и ремонта автомобилей»  
для студентов специальности 1-37 01 06  
«Техническая эксплуатация автомобилей»  
дневной и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск: Левданский А.М.  
Редактор: Боровикова Е.А.  
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.  
Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано в печать 21.07.2016 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,39. Уч. изд. л. 1,5. Заказ № 774. Тираж 50 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.