

УДК : 621.762. 62

Ахмедпашаев А.У.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ФАСОННЫХ ФРЕЗ ХОЛОДНЫМ ПРЕССОВАНИЕМ

Ahmedpashaev A.U.

TECHNOLOGY OF THE FABRICATION OF THE POWDERED SHAPED MILLING CUTTERS BY COOL PRESSING

В статье описывается технология изготовления фасонных фрез до горячего прессования и прочности поверхности. Подробно описан процесс прессования металлических порошков для изготовления порошковых деталей изкарбид “сталь”. Проведен расчет пресс-форм для холодного прессования фасонной фрезы.

Ключевые слова: прессование, пресс-форма, заготовка, поверхностное упрочнение, фреза, температура, износостойкость, порошок металлов, расчет.

Technology of the fabrication of the shaped milling cutters is described In article before hot pressing and toughness to surfaces. In detail process pressing metallic powder is described for fabrication of the powdered details from carbide steel. The Organized calculation of the dies for cool pressing the shaped milling cutter.

Key words: pressing, die, stocking up, toughness to surfaces, milling cutter, temperature, wear capability, powder metal, calculation.

Формование металлических порошков для изготовления порошковых деталей из карбидостали необходимо начинать с операции отжига с целью повышения их пластичности и прессуемости [1]. В заводских условиях отжиг можно проводить в вакууме при температуре (0,4 – 0,6) Тпл. основного компонента, затем необходимо классифицировать по величине частиц, используя вибросито или механическое сито. При этом чрезвычайно важно правильно установить необходимое количество используемого порошка для прессования. Ниже приведен расчет и конструирование пресс-форм для холодного прессования фасонной фрезы ОР 2323-1 (рис. 1).

Холодное прессование представляет собой формование заданных образцов путем приложения давления к порошку, который находится в закрытой форме. Сущность самого процесса заключается в изменении объема, формы, размеров и свойств порошка. Объем изменяется из-за того, что при прессовании отдельные частицы в результате смещения заполняют пустоты. Поэтому с научной точки зрения прессование можно рассматривать как увеличение контакта между частицами порошка за счет деформации внешними силами. Известно, что между частицами прессуемого порошка находится воздух. По мере уплотнения он начинает оказывать препятствие уплотнению.

Если отжиг и классификация порошков проведены на заводах изготовителях, то при формовании эти операции можно не проводить. Приготовление шихты заданного состава необходимо проводить в специальных смесителях типа СК-3.

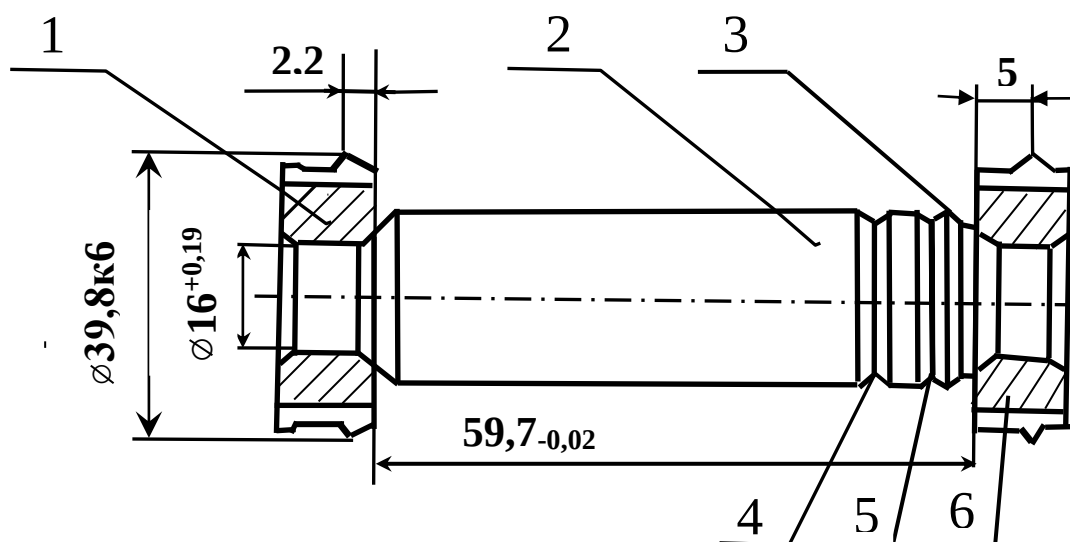


Рисунок 1 - Фасонная фреза ОР – 2323

1-левая фреза; 2-тержень, 3..5 - регулировочные канавки; 6 - правая фреза

По характеру кривой, при прессовании металлические порошки уплотняются монотонно. При этом статическое прессование наиболее приемлемое для режущего инструмента.

Для развески смешиваемых компонентов используют технические весы. Шихта считается однородной, когда не менее 95% произвольно взятых проб имеют химический и гранулометрический составы, соответствующие заданным. При прессовании правильность выбора навески порошка - одно из основных условий изготовления изделия заданных размеров и формы.

Величина навески определяется по формуле (в граммах):

$$Q = \gamma_k V (I - П / 100) K_1 \cdot K_2, \quad (1)$$

где γ_k – плотность компактного материала, кг/м³; V – объем изделия после спекания, м³; П – фактическая пористость спеченного изделия, %; K₁ – коэффициент, учитывающий потери порошка при прессовании 1,005-1,01; K₂ – коэффициент, учитывающий потерю массы прессовкой при спекании 1,01-1,03.

При уплотнении порошка в простейшей пресс-форме матрица обеспечивает формование боковой поверхности прессовки и служит для размещения в ее засыпной полости заданной навески порошка. Нижний пуансон формирует нижнюю торцевую поверхность прессовки и предотвращает высыпание порошка из матрицы, а верхний пуансон служит для формования верхнего торца. Следует иметь в виду, что при прессовании высота насыпного порошка уменьшается приблизительно в три раза. Усилие подбирается оптимальное, чтобы исключить образование трещин в прессовках (формовках).

Прессование проводят на специальных прессах гидравлического и механического действия. С экономической точки зрения экономики предпочтительнее гидравлические прессы, например, стоимость гидравлического пресса ДА 1532Б - 356500 руб., а механического пресса КБ 8130А - 700000 руб.

Для расчета и конструирования пресс-форм необходимо определить:

1) технологические свойства шихты и характеристики материалов. Насыпная плотность $\rho_n = 2200$ кг/м³ определяется на волюмометре разработки ИПМ АН УССР (ГОСТ 19440 – 74); уплотняемость по ГОСТ 25280-82; формуемость по ГОСТ 25280-82, прибором разработки ИПМ АН УССР; текучесть (ГОСТ 20899-75).

Исходными материалами для расчета пресс-форм являются технологические свойства материалов прессовки: плотность прессовки $\rho_0 = 6700 \text{ кг/м}^3$; годовая программа; усадка по высоте H , $\beta = 1\%$, по внешнему диаметру D , $\beta_1 = 2\%$, по внутреннему диаметру d , $\beta_2 = 1\%$; упругие последствия по высоте H , $\alpha_{n1} = 2\%$, по диаметру D_1 , $\alpha_{n1} = 2\%$, по диаметру d , $\alpha_{n2} = 0,5\%$; уменьшение массы прессовки при спекании за счет выгорания смазки, восстановления окислов и других факторов, $\xi = 1\%$; прирост плотности при горячем прессовании, $\tau = 11\%$; давления прессования $P = 8,0 \text{ МПа}$; чертеж заготовки (см. рис. 1);

2) схема прессования исследуемого образца. Расчет пресс-форм необходимо начинать с выбора направления прессования, которое должно быть направлено вдоль оси вращения при одностороннем прессовании.

Образец имеет один переход. Количество пуансонов определяется по формуле:

$$m = n + 1 = 2, \quad (2)$$

где n – количество переходов, $n = 1$.

Из них верхних – 1 пуансон, нижних - 1 пуансон.

Прессование осуществляется при неподвижной матрице 1 (рисунок 2) движением пуансона 2 вниз, затем выталкивание образца производится выталкивателем 5. Пуансоны после проведения операции возвращаются в исходное положение;

Р

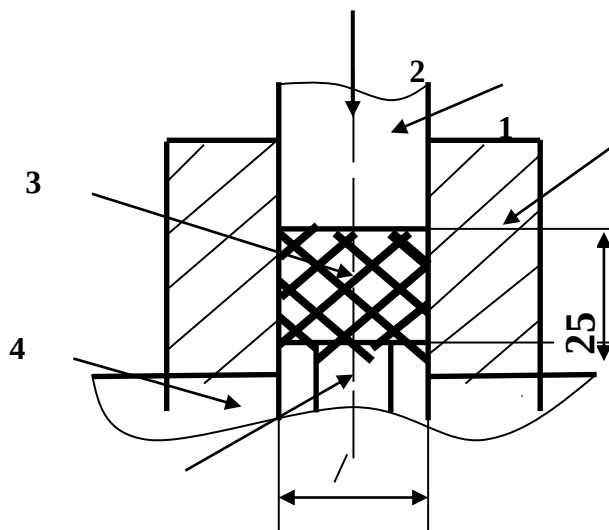


Рисунок 2 - Пресс-форма

1 - матрица; 2 - верхний пуансон; 3 - порошок; 4 - нижний пуансон;

5- выталкиватель

3) определение площади прессования. Площадь прессования равна проекции образца на плоскость, перпендикулярную оси прессования.

$$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = 0,785(4,0969^2 - 1,608^2) = 11,16 \cdot 10^{-4} (\text{м}^2)$$

4) определение объема образца.

$$V_0 = Fh = 11,16 \cdot 0,995 = 11,10 \cdot 10^{-6} (\text{м}^3);$$

5) определение массы образца.

$$G_0 = \rho_0 \cdot V_0 = 6,7 \cdot 11,1 = 74,37 \cdot 10^{-3} (\text{кг});$$

6) определение массы прессовки.

$$G_{\text{пр}} = \rho_o \cdot V_{\text{пр}} = \rho_o \cdot V_o(1 + \xi/100) = G_o + G_o \xi/100 = 74,37 + 74,37 \cdot 1,0/100 = 75,114 \cdot 10^{-3}$$

(кг);

7) определение массы навески порошка.

$$G_n = K_n \cdot G_o = 1,03 \cdot 75,114 = 77,37 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)}.$$

где $K_n(1,02-1,05)$ - коэффициент учитывающий потери массы при засыпке;

8) определение коэффициента обжата (уплотнения).

$$K_o = \rho_o / \rho_n = 6,7 / 2,2 = 3;$$

9) определение уточненной плотности прессовки.

$$\rho_{\text{пр}} = G_{\text{пр}} / V_{\text{пр}} = G_{\text{пр}} / V_o(1 + \xi/100) = 75,114 / 11,11 = 6,76 \text{ г/см}^3 = 6760 \text{ (кг/м}^3\text{)};$$

10) определение высоты прессовки образца.

Высота прессовки зависит от номинального размера образца и его изменения в результате упругих последствий, роста или усадки при спекании и припуска на дополнительную обработку:

$$H_p = H - l_n = \varepsilon + n_k, \quad (3)$$

где n_k – припуск на механическую обработку, 10^{-3} м.

ε – величина усадки, $\varepsilon = \beta/100 \cdot A$

l_n – величина упругих последствий

$$l_n = K_{CV}/100 \cdot A, \quad (4)$$

где K_{CV} – ударная вязкость, кДж/м².

A – размер образца, (для сплавов на основе железа $l_n = (0,2-0,3)$).

$$H_p = 9,95 - 2/100 \cdot 9,95 + 1/100 \cdot 9,95 + 0 = 9,65 \cdot 10^{-3} \text{ (м)};$$

11) определение высоты загрузочной камеры.

Высота формующей камеры, т.е. высота засыпки определяется по формуле:

$$H_3 = K \cdot H_p = 3 \cdot 9,65 = 28,95 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}. \quad (5)$$

12) определение общей высоты матрицы.

Общая высота матрицы определяется с учетом высоты загрузочной камеры и величин захода в матрицу верхнего (h_v) и нижнего (h_n) пуансов:

$$H_m = H_3 + h_v + h_n = 28,95 + 10,5 + 5 = 44,45 \cdot 10^{-3} \text{ (м)};$$

13) определение размеров рабочей полости матрицы.

Размеры рабочей полости матрицы зависят от наружных размеров детали, изменения их после выпрессовки, спекания, калибрования и допускаемой максимальной величины износа. Номинальный размер рабочей полости матрицы определяем по формуле:

$$D_m = D_{\text{min}} - l_n \pm \varepsilon \pm n_k, \quad (6)$$

где D_{min} – минимально допустимый размер готовой детали, 10^{-3} (м.),

n_k – припуск на калибрование,

$$D_m = 40,935 - 2/100 \cdot 40,935 + 2/100 \cdot 40,935 + 0 = 40,935 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

Максимально допустимый размер рабочей полости матрицы равен:

$$D'_m = D_{\text{max}} - l_n \pm \varepsilon \pm n_k = 41, - 2/100 = 2/100 = 0 = 41 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

Припуск на износ матрицы определяется по формуле:

$$\Delta D = D'_m - D_m - A_m \quad (7)$$

где A_m – действительный допуск размера рабочей части матрицы при ее изготовлении,

$$\Delta D = 41 - 40,935 - 0,03 = 0,035 \cdot 10^{-3} \text{ (м)};$$

14) определяются рабочие размеры стержня.

Размеры стержня зависят от внутренних размеров образца, изменяются они после технологических операций и принимаются максимально возможные, чтобы обеспечить наибольший припуск на износ стержня.

Номинальный размер рабочей части стержня:

$$d_{ст} = d_{max} - l_n \pm \varepsilon \pm n_k l_k = 16,016 - 0,5/100 \cdot 16,16 + 1/100 \text{ следы } 16,16 + 0 + 0 = 16,32 \cdot 10^{-3} \text{ (м.)}.$$

Максимально допустимый размер стержня:

$$d' = d_{min} - l_n \pm \varepsilon \pm n_k l_k,$$

где - d_{min} – минимально допустимый размер стержня:

$$d' = 16,00 - 0,5/100 \cdot 16,00 + 1/100 : 16,00 = 16,08 \cdot 10^{-3} \text{ (м.)}.$$

Допуск на износ:

$$\Delta d_1 = d_{1max} - d_{1min} - \Delta m = 16,32 - 16,08 - 0,025 = 0,215 \cdot 10^{-3} \text{ (м.)};$$

15) определение усилия прессования.

$$P = pFn, \quad (8)$$

где p – давление прессования, МПа;

F – площадь прессования, m^2 ;

n – число гнезд в пресс-форме.

Давление прессования выбираем экспериментально, $p = 8$ МПа, тогда

$$P = 8,0 \cdot 11,16 \cdot 1 = 89,28 \text{ МПа} \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2\text{)}.$$

16) определение размеров матрицы, обоймы.

Наружные размеры матрицы (обоймы) зависят от величины бокового давления, возникающего при прессовании. Боковое давление вычисляется по формуле:

$$P_{\delta} = C \cdot p_0^m, \quad (9)$$

где $C = 0,00725$; $m = 1,8$, коэффициенты, зависящие от материала

$$P_{\delta} = 0,00725 \cdot 6 \cdot 7^{1,8} = 300,4 \text{ МПа}.$$

Наружные размеры матрицы и обоймы устанавливаются, исходя из соображений максимальной жесткости (рис. 3).

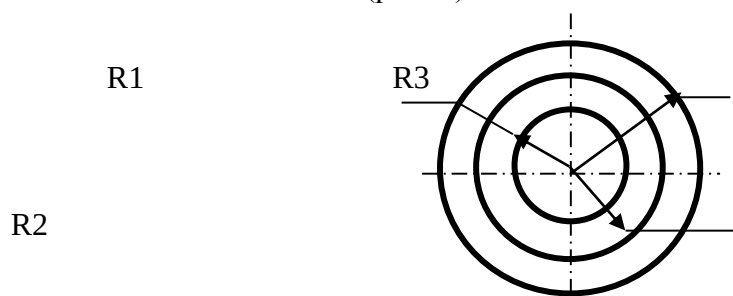


Рисунок 3 - Условия максимальной жесткости

R_1, R_2, R_3 - радиусы обоймы

$$\text{При } P_{\delta} > 200 \text{ МПа; } R_3 = (1/140 \cdot P_{\delta} + 0,67) \cdot R_1 = (1/140 \cdot 300,4 + 0,67) \cdot 16 = 45 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Контактный радиус (наружный диаметр обоймы)

$$\text{При } P_{\delta} < 200 \text{ МПа } R_2 = 2R_1; R_3 = 4R_1$$

$$R_2 = \sqrt{R_1 R_3} = \sqrt{16 \cdot 45} = 26,8 \cdot 10^{-3} (\text{м}).$$

Принимается $27 \cdot 10^{-3} (\text{м}).$

Натяг при выпрессовке:

$$\delta = P_8 / E \cdot 2R_2 \quad (10)$$

где E – модуль упругости, $2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

$$\delta = 300,4 / 2,15 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 27 = 0,075 \cdot 10^{-3} (\text{м}).$$

На основании проведенных расчетов составляются эскизы прессовки (рис. 3) и матрицы (4);

17) выбор пресса для холодного прессования.

Усилия прессования

$$P_{\text{пр}} = K_{\text{зап}} \cdot P = 1,25 \cdot 89,28 = 111,6 \text{ МПа} \cdot 10^{-4} (\text{м.})^2,$$

где $K_{\text{зап}} = 1,25 - 1,3$ – коэффициент запаса мощности пресса.

Определение потребного усилия выталкивания, в (Н.):

$$P_{\text{выт}} = \mu \cdot P_6 \cdot F_6 \quad (11)$$

где $\mu - 0,1 - 0,2$ – коэффициент трения прессовки о стенки пресс формы

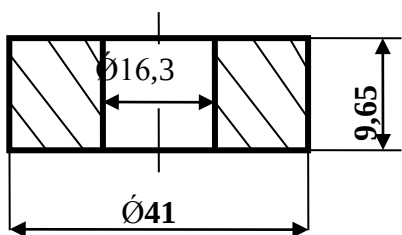


Рисунок 3- Эскиз прессовки

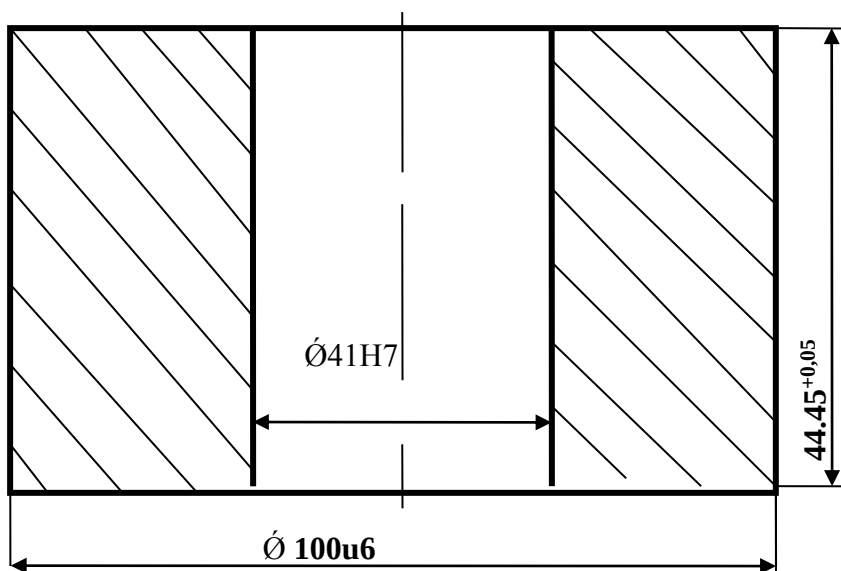


Рисунок 4 -Эскиз матрицы

P_6 – боковое давление, МПа.

F_6 – площадь боковой поверхности, $\cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

$$P_{\text{выт}} = 0,01 \cdot 300,4 \cdot (3,14 \cdot 4,1 \cdot 1,0) = 38,6 \text{ МПа}$$

Расчет формовки холодного прессования.

Масса исходной заготовки:

$$а) C_x = C_T + 0,01Gr = 40,4 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)};$$

б) объем образца

$$V_x = G_x / \gamma_x = 40,4 / 5,5 = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ (м.)}^3$$

где γ_x – ориентировочная плотность порошковой заготовки после холодного прессования;

в) размер матрицы штампа.

Для диаметра $45 \cdot 10^{-3}$ (м.).

$$L_3 = 0,9997L \pm 2_{\text{бкн}} \pm \frac{1}{2} \Delta L_g = 45,0997 - 2 \cdot 0,28 \cdot 1,49 - 0,031 = 44,865 - 0,834 - 0,031 = 44 \cdot 10^{-3} \text{ (м.)}.$$

Для диаметра $40 \cdot 10^{-3}$ (м.).

$$L_{3x} = 40 \cdot 0,997 + 2 \cdot 0,25 \cdot 1,35 + 0,08 = 40,65 \cdot 10^{-3} \text{ (м.)};$$

г) площадь прессовки

$$S_x = 3,14 (4,4^2 - 4 \cdot 0,66^2 / 4) = 3,14 \cdot 19,36 - 16,5 / 4 = 225 \cdot 10^{-6} \text{ (м.)}^2;$$

д) высота заготовки

$$h_{x3} = 1,41 V_T / S_x = 1,41 \cdot 5,21 / 2,25 = 22,6 \cdot 10^{-3} \text{ (м.)};$$

е) высота засыпки порошка

$$h_{\text{засып}} = 2,5 \cdot h_{x3} = 2,5 \cdot 2,26 = 56,5 \cdot 10^{-3} \text{ (м.)};$$

ж) усилие прессования

$$P_x = q \cdot S_x = 5 \cdot 2,25 = 11,25 \text{ МПа} \cdot 10^{-4} \text{ (м.)}^2$$

где q – давление прессования

Выводы:

1. Разработана промышленная технология изготовления прессовок для фасонных фрез из рационально легированного порошкового материала на основе железа до горячего прессования.

2. Рассчитана и сконструирована пресс-форма для холодного прессования.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг. под руководством д.т.н. М.У. Ахмедпашаева

Библиографический список:

1. Патент № 2354502 Российская Федерация. МПК В22F С22С 33/02. Способ изготовления поверхностно-упрочненной порошковой карбидостали / М.У. Ахмедпашаев [и др.]; заявитель и патентообладатель Дагестанск. госуниверсит. техн. ун-т.-2007128352/02; заявл. 23.07.2007; опубл. 10.05.2009, Бюл. № 13.- 3 с.