

Задача №1

Технологический маршрут обработки поверхности записываем в расчётную таблицу. В таблицу также записываем соответствующие заготовке и каждому технологическому переходу значения элементов припуска. Суммарное значение пространственных отклонений оси обрабатываемой поверхности относительно оси центровых отверстий $\rho_{заг}$ определяется по формуле

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}$$

где $\rho_{см}$ — погрешность смещение обрабатываемой поверхности относительно базовой, мм;

$\rho_{кор}$ — погрешность коробления обрабатываемой поверхности, мм.

Погрешность смещение обрабатываемой поверхности относительно базовой для штамповки массой 11,4 кг нормальной группы точности, полученной на ГКМ, составляет $\rho_{см} = 1$ мм.

Величина коробления обрабатываемой поверхности $\rho_{кор}$ определяется по формуле

$$\rho_{кор} = \Delta_k l$$

где Δ_k — удельная кривизна обрабатываемой поверхности, мкм;

l — расстояние от обрабатываемого сечения до ближайшей опоры, мм.

Удельная кривизна обрабатываемой поверхности: $\Delta_k = 0,2$ мкм/мм. Расстояние от обрабатываемого сечения до ближайшей опоры находим по чертежу детали: $l = 34$ мм. Тогда:

$$\rho_{кор} = 0,2 \cdot 34 = 6,8 \text{ мкм} = 0,0068 \text{ мм}.$$

Суммарное значение пространственных отклонений оси обрабатываемой поверхности ρ равно:

$$\rho_{заг} = \sqrt{1,0^2 + 0,0068^2} = 1,0 \text{ мм}.$$

Остаточное пространственное отклонение $\rho_{ост}$ определяется по формуле

$$\rho_{ост} = k_y \rho_{заг}$$

где k_y — коэффициент уточнения формы.

Получим:

- после черного точения $\rho_1 = 0,06 \cdot 1000 = 60 \text{ мкм}$;

Определяем значения R_z и T :

- заготовка: $R_z = 240 \text{ мкм}$, $T = 250 \text{ мкм}$;

- после черного точения: $R_z = 120 \text{ мкм}$, $T = 120 \text{ мкм}$;

- после чистового точения: $R_z = 40 \text{ мкм}$, $T = 40 \text{ мкм}$.

Погрешность установки ε_y при черновом точении определяется по формуле:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2},$$

где ε_δ — погрешность базирования заготовки, мкм;

ε_3 — погрешность закрепления заготовки, мкм.

При базировании заготовки находим $\varepsilon_\delta = 0 \text{ мкм}$. $\varepsilon_3 = 450 \text{ мкм}$.

Тогда:

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 450^2} = 450 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при чистовом точении определим по формуле:

$$\varepsilon_{yi} = k_y \cdot \varepsilon_y + \varepsilon_{инд},$$

где k_y — коэффициент уточнения ($k_y = 0,06$);

ε_y — погрешность установки на первом переходе;

$\varepsilon_{инд}$ — погрешность индексации поворотного устройства, при расчётах принимаем $\varepsilon_{инд} = 0,05 \text{ мм}$.

$$\varepsilon_y = 0,06 \cdot 0,45 + 0,05 = 0,077 \text{ мм} = 77 \text{ мкм}.$$

Расчёт минимальных значений припусков производим пользуясь основной формулой

$$2 z_{min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right),$$

где $R_{z_{i-1}}$, T_{i-1} — соответственно высота неровностей и глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем технологическом переходе, мкм;

ρ_{i-1} — суммарное значение пространственных отклонений для элементарной поверхности на предшествующем

переходе, мкм.

ε_i — погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Минимальный припуск на:

черновое точение:

$$2 z_{min} = 2(240 + 250 + \sqrt{1000^2 + 450^2}) = 2 \cdot 1587 \text{ мкм};$$

чистовое точение:

$$2 z_{min} = 2(120 + 120 + \sqrt{60^2 + 77^2}) = 2 \cdot 338 \text{ мкм};$$

$$d_{p1} = 103,86 + 2 \cdot 0,338 = 104,536 \text{ мм};$$

$$d_{p2} = 104,536 + 2 \cdot 1,587 = 107,71 \text{ мм}.$$

Значения допусков каждого перехода принимаем в соответствии с качеством того или иного вида обработки.

Наименьший предельный размер определяем округлением расчётных размеров в сторону увеличения их значения.

Наибольшие предельные размеры определяем прибавлением допусков к округлённым наименьшим предельным размерам:

$$d_{заг} = 107,8 + 3,6 = 111,4 \text{ мм};$$

$$d_{max1} = 104,6 + 0,2 = 104,8 \text{ мм};$$

$$d_{max2} = 103,86 + 0,14 = 104 \text{ мм}.$$

Максимальные предельные значения припусков Z_{max}^{np} равны разности наибольших предельных размеров, а минимальные значения Z_{min}^{np} — соответственно разности наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов:

$$2 Z_{max2}^{np} = 104,8 - 104,0 = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ мкм};$$

$$2 Z_{max1}^{np} = 111,4 - 104,8 = 6,6 \text{ мм} = 6600 \text{ мкм};$$

$$2 Z_{m \in 2}^{np} = 104,60 - 103,86 = 0,74 \text{ мм} = 740 \text{ мкм};$$

$$2 Z_{min1}^{np} = 107,8 - 104,6 = 3,2 \text{ мм} = 3200 \text{ мкм}.$$

Общие припуски Z_{Omin} и Z_{Omax} определяем, суммируя промежуточные припуски и записываем их значения внизу соответствующих граф.

$$Z_{Omin} = 740 + 3200 = 3940 \text{ мкм};$$

$$Z_{Omax} = 980 + 6600 = 7400 \text{ мкм.}$$

Общий номинальный припуск:

$$Z_{Oном} = Z_{Omin} + H_z - H_\delta = 3940 + 1200 - 140 = 5000 \text{ мкм.}$$

Номинальный диаметр заготовки:

$$d_{зном} = d_{ном} + Z_{Omin} = 104 + 5,0 = 109,0 \text{ мм.}$$

Произведём проверку правильности расчётов.

$$2 Z_{max2}^{np} - 2 Z_{min2}^{np} = \delta_1 - \delta_2:$$

$$2 Z_{max2}^{np} - 2 Z_{min2}^{np} = 800 - 740 = 60 \text{ мкм};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 200 - 140 = 60 \text{ мкм.}$$

$$2 Z_{max1}^{np} - 2 Z_{min1}^{np} = \delta_{заг} - \delta_1.$$

$$2 Z_{max1}^{np} - 2 Z_{min1}^{np} = 6600 - 3200 = 3400 \text{ мкм};$$

$$\delta_{заг} - \delta_1 = 3600 - 200 = 3400 \text{ мкм.}$$

Тех. Маршрут D=300 мм	R _z	h	Δ	ε	Расчетный припуск	Расчетный min размер	Допуск на изготовления e	D _{max}	D ^{min}	Max прип.	Min прип.
Штамповка	200	25 0	200	-	-	107.71	2100	111.4	0,11	-	-
Точ. черн.	50	50	25	-	2.1587	104.536	520	104.8	2,2	1212	2660
Точ. чист.	25	25	-	-	2.338	103.86	320	104	2,4	213	410
Шлиф. Черн.	10	20	-	-	1,78	-	130	102.8	3,3	110	142
Шлиф. Чист.	5	15	-	-	1,88	300	32	97.6	4	99	112

Задача №2

Тех. Маршрут Отверстие D=70 мм	R _z	h	Δ	ε	Расчетный припуск	Расчетный min размер	Допуск на изготовление	D _{max}	Max прип.	Min прип.
Штамповка	30 0	300	200	-	--	0.14	1900	0.39	-	-
Точ. черн.	25 0	240	120	-	2222	2.5	740	2.6	2210	2360

Точ.чист.	25	25	-	-	274	2.868	190	2.893	293	369
Шлиф. Черн.	10	20	-	-	2.893	3	74	3.01	117	132
Шлиф. Чист.	5	15	-	-	3.01	70	19	-	98	117

Величину пространственных отклонений поверхности r находим, находим группу формул для расчёта:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad \rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l,$$

где $r_{\text{кор}}$ – коробление поверхности, мкм;

$r_{\text{см}}$ – смещение оси детали при обработке, мкм;

$D_{\text{к}}$ – удельная кривизна поверхности, мкм/мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{(0,6 \cdot 12)^2 + 500^2} \approx 505 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{ост}} = k_{\text{у}} \cdot \rho_{\text{заг}},$$

где $r_{\text{заг}}$ – величина пространственных отклонений для заготовки, мкм;

$r_{\text{ост}}$ – остаточная величина отклонений на i -том переходе, мкм;

$k_{\text{у}}$ – коэффициент уточнения формы.

Коэффициент уточнения формы имеет следующие значения:

- 1) для черновой обработки: $k_{\text{у}} = 0,06$;
- 2) для получистовой обработки: $k_{\text{у}} = 0,04$;
- 3) для чистовой обработки: $k_{\text{у}} = 0,02$.

Подставляем перечисленные значения в формулу и получаем, округляя результат расчёта до целых в большую сторону:

1) величина пространственных отклонений поверхности после сверления:

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 505 \approx 31 \text{ мкм};$$

2) величина пространственных отклонений после развёртывания предварительного:

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 505 \approx 21 \text{ мкм};$$

3) величина пространственных отклонений поверхности после развёртывания чистового:

$$\rho_4 = 0,02 \cdot 505 \approx 10 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2},$$

где e_6 – погрешность базирования, мкм;

e_3 – погрешность закрепления, мкм;

$e_{\text{пр}}$ – погрешность положения заготовки, мкм.

$$e_6 = 0.$$

$$e_3 = 500 \text{ мкм.}$$

$$e_{\text{пр}} = 0.$$

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \sqrt{0^2 + 500^2 + 0^2} = 500 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{\text{ост}} = k_y \cdot \varepsilon_{\text{заг}},$$

где $e_{\text{заг}}$ – величина погрешности установки для заготовки, мкм;

$e_{\text{ост}}$ – остаточная погрешность установки на i -том переходе, мкм;

k_y – коэффициент уточнения формы.

Коэффициент уточнения формы имеет следующие значения:

1) для черновой обработки: $k_y = 0,06$;

2) для получистовой обработки: $k_y = 0,04$;

3) для чистовой обработки: $k_y = 0,02$.

1) погрешность установки при развёртывании предварительном:

$$\varepsilon_3 = 0,04 \cdot 500 \approx 20 \text{ мкм;}$$

2) погрешность установки при развёртывании чистовом:

$$\varepsilon_4 = 0,02 \cdot 500 \approx 10 \text{ мкм.}$$

вычисляем значение минимального расчётного припуска $2 Z_{\text{min}}$ для каждого технологического перехода, начиная с последнего (округляем до целых в большую сторону).

Определяем $2 Z_{4 \text{ min}}$ для чистового развёртывания:

$$2Z_{4 \min} = 2 \cdot (10 + 25 + \sqrt{21^2 + 10^2}) = 117 \text{ мкм.}$$

Значение минимального расчётного двухстороннего припуска на чистовое развёртывание $2 Z_{4 \min}$.

Определяем $2 Z_{3 \min}$ для предварительного развёртывания:

$$2Z_{3 \min} = 2 \cdot (40 + 60 + \sqrt{31^2 + 20^2}) = 274 \text{ мкм.}$$

Значение минимального расчётного двухстороннего припуска на предварительное развёртывание $2 Z_{3 \min}$

Определяем $2 Z_{2 \min}$ для сверления:

$$2Z_{2 \min} = 2 \cdot (150 + 250 + \sqrt{505^2 + 500^2}) = 2222 \text{ мкм.}$$

Значение минимального расчётного двухстороннего припуска на сверление $2 Z_{2 \min}$

$$D_{4P \max} = 3 + 0,01 = 3,01 \text{ мм.}$$

Находим промежуточные расчётные размеры на предшествующих технологических переходах вычитанием минимального расчётного двухстороннего припуска из расчётного размера на выполняемом переходе.

Промежуточный расчётный размер для предварительного развёртывания:

$$D_{3P \max} = D_{4P \max} - 2 Z_{4 \min} = 3,01 - 0,117 = 2,893 \text{ мм.}$$

Промежуточный расчётный размер для сверления:

$$D_{2P \max} = D_{3P \max} - 2 Z_{3 \min} = 2,893 - 0,274 = 2,619 \text{ мм.}$$

Промежуточный расчётный размер заготовки:

$$D_{1P \max} = D_{2P \max} - 2 Z_{2 \min} = 2,619 - 2,222 = 0,397 \text{ мм.}$$

Определяем наибольшие предельные размеры D_{\max} по всем технологическим переходам, округляя уменьшением расчётных размеров до последних значащих цифр допусков.

Наибольший предельный размер для чистового развёртывания:

$$D_{4 \max} = D_{4P \max} = 3,01 \text{ мм.}$$

Наибольший предельный размер для предварительного развёртывания:

$$D_{3 \max} = D_{3P \max} = 2,893 \text{ мм.}$$

Наибольший предельный размер для сверления:

$$D_{2 \max} = D_{2P \max} = 2,619 \gg 2,6 \text{ мм.}$$

Наибольший предельный размер заготовки:

$$D_{1 \max} = D_{1P \max} = 0,397 \gg 0,39 \text{ мм.}$$

Определяем наименьшие предельные размеры D_{\min} по всем технологическим переходам вычитанием допусков из округлённых наибольших предельных размеров D_{\max} для данных технологических переходов.

Наименьший предельный размер для чистового развёртывания:

$$D_{4 \min} = D_{4 \max} - d_4 = 3,01 - 0,01 = 3 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер для предварительного развёртывания:

$$D_{3 \min} = D_{3 \max} - d_3 = 2,893 - 0,025 = 2,868 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер для сверления:

$$D_{2 \min} = D_{2 \max} - d_2 = 2,6 - 0,1 = 2,5 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер заготовки:

$$D_{1 \min} = D_{1 \max} - d_1 = 0,39 - 0,25 = 0,14 \text{ мм.}$$

Определим предельные значения припусков $2 Z_{\max}$, как разность наименьших предельных размеров на выполняемом и предшествующем технологических переходах.

Наибольший предельный припуск для чистового развёртывания:

$$2 Z_{4 \max} = D_{4 \min} - D_{3 \min} = 3 - 2,868 = 0,132 \text{ мм} = 132 \text{ мкм.}$$

Наибольший предельный припуск для предварительного развёртывания:

$$2 Z_{3 \max} = D_{3 \min} - D_{2 \min} = 2,868 - 2,5 = 0,368 \text{ мм} = 368 \text{ мкм.}$$

Наибольший предельный припуск для сверления:

$$2 Z_{2 \max} = D_{2 \min} - D_{1 \min} = 2,5 - 0,14 = 2,36 \text{ мм} = 2360 \text{ мкм.}$$

Определим предельные значения припусков $2 Z_{\min}$, как разность наибольших предельных размеров на выполняемом и предшествующем технологических переходах.

Наименьший предельный припуск для чистового развёртывания:

$$2 Z_{4 \min} = D_{4 \max} - D_{3 \max} = 3,01 - 2,893 = 0,117 \text{ мм} = 117 \text{ мкм.}$$

Наименьший предельный припуск для предварительного развёртывания:

$$2 Z_{3 \min} = D_{3 \max} - D_{2 \max} = 2,893 - 2,6 = 0,293 \text{ мм} = 293 \text{ мкм.}$$

Наименьший предельный припуск для сверления:

$$2 Z_{2 \min} = D_{2 \max} - D_{1 \max} = 2,6 - 0,39 = 2,21 \text{ мм} = 2210 \text{ мкм.}$$

Определяем значения наибольшего $2 Z_{0 \max}$ и наименьшего $2 Z_{0 \min}$ общих припусков, суммируя соответствующие значения припусков по всем технологическим переходам:

$$2 Z_{0 \max} = 2 Z_{4 \max} + 2 Z_{3 \max} + 2 Z_{2 \max} = 132 + 368 + 2360 = 2860 \text{ мкм.}$$

$$2 Z_{0 \min} = 2 Z_{4 \min} + 2 Z_{3 \min} + 2 Z_{2 \min} = 117 + 293 + 2210 = 2620 \text{ мкм.}$$

Проверяем правильность расчёта припусков. Расчёт правильный, если разность наибольшего $2 Z_{0 \max}$ и наименьшего $2 Z_{0 \min}$ общих припусков равна разности допусков заготовки d_1 и окончательной поверхности детали d_4 :

$$2 Z_{0 \max} - 2 Z_{0 \min} = d_1 - d_5$$

$$2860 - 2620 = 250 - 10.$$

$$240 = 240.$$

Равенство выполняется, значит, припуски подсчитаны правильно.