

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ И ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ  
НА ОБРАБОТКУ ТЕРМОУПРОЧНЯЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Излагается методика расчета операционных припусков и допусков на обработку термоупрочняемых поверх- ностей. Показано, что для обеспечения качества по- верхности и точности глубины термоупрочненного слоя необходимо включить в состав размерной цепи "нулевое" звено, соответствующее торцовому биению с последующей корректировкой допусков операцион- ных размеров.

При изготовлении деталей, имеющих поверхности, подвергаемые химико-термическому упрочнению (цементация и закалка, азотирование и т.п.), одной из главных и трудных задач является обеспечение глу- бины термоупрочненного слоя в заданных чертежом пределах. На рис.1,а приведен упрощенный чертеж детали, у которой хвостовик и прилегаю- щий к нему торец должны иметь цементированный слой глубиной  $C_K = 0,5 \pm 0,8$  мм. На рис. 1,б приведена часть размерной схемы технологи- ческого процесса, куда включены операции, влияющие на формирование этого слоя на торце:

Оп. 30. Предварительное шлифование.

ОП. 40. Цементация и закалка.

Оп. 45. Правка центровых фасок.

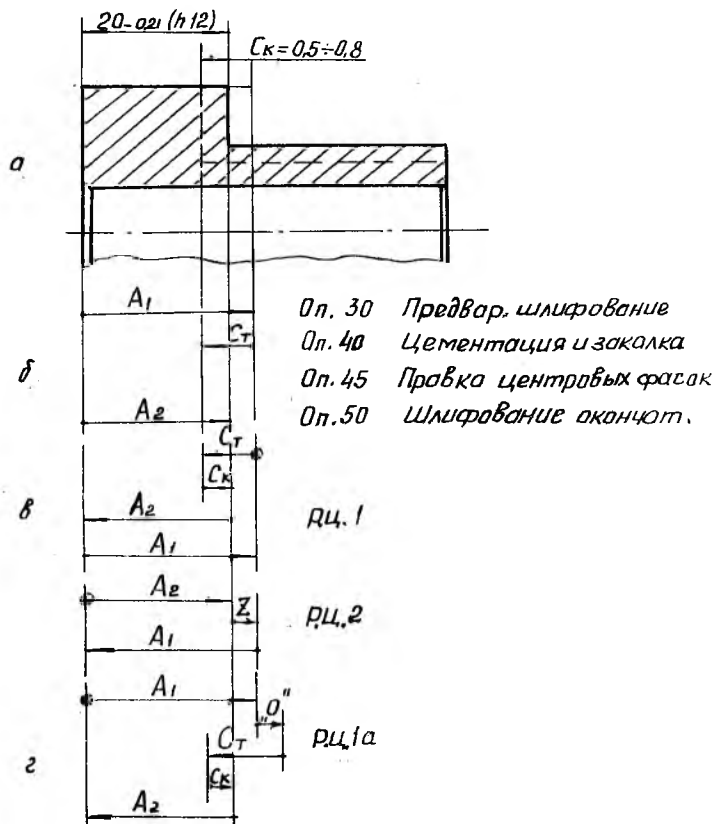
Оп. 50. Окончательное шлифование.

На рис. 1,в показаны размерные цепи для определения операци- онных размеров  $A_1$  и  $A_2$  и размера технологической глубины це- ментированного слоя  $C_T$ .

Уравнения замыкающих звеньев для цепей р.ц.1 и р.ц.2 соответ- ственно

$$C_K = C_T + A_2 - A_1, \quad (1)$$

$$Z = A_1 - A_2. \quad (2)$$



Р и с. 1. Упрощенный чертеж детали (а), размерная схема (б) и размерные цепи (в, г)

Задачу по определению  $A_1$ ,  $A_2$  и  $C_T$  решим сначала традиционным методом [1, 2].

Уравнение допусков для р.ц. I

$$T_{C_K} = T_{C_T} + T_{A_2} + T_{A_1} \quad (3)$$

По справочным и производственным данным глубина слоя при цементации может быть выдержана с точностью 0,2 мм ( $T_{C_T} = 0,2$  мм). Тогда из уравнения (3)

$$T_{A_2} + T_{A_1} = T_{CK} - T_{CT} = 0,3 - 0,2 = 0,1 \text{ мм.}$$

Принимая для размеров  $A_1$  и  $A_2$  одинаковый уровень точности, получаем

$$T_{A_2} = T_{A_1} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ мм.}$$

Тогда размер  $A_2$  окончательного шлифования будет равен  $A_2 = 20 - 0,05$  (вместо  $20 - 0,21$  по чертежу).

Для определения размера  $A_1$  решим уравнение развернутой цепи р.ц.2 из условия обеспечения минимально необходимого припуска на окончательное шлифование:

$$Z_{m1n} = A_{1m1n} - A_{2max}, \quad (4)$$

откуда

$$A_{1m1n} = Z_{m1n} + A_{2max}. \quad (5)$$

Принимая по справочным данным [1, 2]  $Z_{m1n} = 0,2$  мм, получаем

$$A_{1m1n} = 0,2 + 20,0 = 20,2 \text{ мм.}$$

Допуск на размер  $A_1$  следует принять в системе вала.

Тогда

$$A_1 = A_{1m1n} + T_{A_1} = 20,2 + 0,05 = 20,25 - 0,05.$$

Теперь, решая уравнение (I) размерной цепи р.ц. I по способу предельных значений, определим технологическую глубину термоупрочненного слоя  $C_T$ . Уравнения предельных значений замыкающего звена

$$C_{Kmax} = C_{Tmax} + A_{2max} - A_{1m1n}, \quad (6)$$

$$C_{Kmin} = C_{Tmin} + A_{2min} - A_{1max}. \quad (7)$$

Разрешим их относительно искомого размера  $C_T$ :

$$C_{Tmax} = C_{Kmax} + A_{1m1n} - A_{2max} = 0,8 + 20,2 - 20,0 = 1,0 \text{ мм,}$$

$$C_{Tmin} = C_{Kmin} + A_{1max} - A_{2min} = 0,5 + 20,25 - 19,95 = 0,8 \text{ мм.}$$

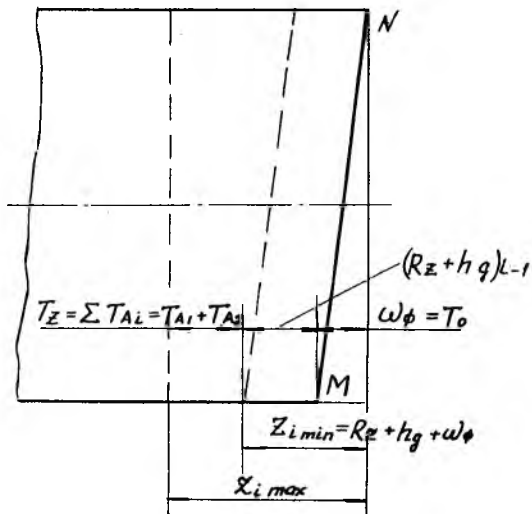
Таким образом  $C_T = 0,8 + 1,0 = 0,8^{+0,2}$ .

Теперь вспомним об операции 45 – правка центровых фасок. Она включена в технологический процесс для того, чтобы уменьшить до целесообразного предела и регламентировать пространственные отклонения, которые практически возникают всегда при термической обработке. Операция обновления баз (правка центровых фасок) содержит техническое условие: "Торцовое и радиальное биение допускается до 0,05 мм". Биение влияет на неравномерность припуска. В использованной выше методике (как и в других методиках расчета припусков и операционных размеров – В.М.Кована; М.А.Калинина; Б.С.Балакишина; А.А.Маталина и др.) в состав минимального припуска включаются составляющие для компенсации неравномерности припуска, обусловленной пространственными отклонениями обрабатываемой поверхности. На рис. 2 показана структура  $Z_{min} = (R_E + h_g + \omega_\varphi)$ , из которой следует, что в состав  $Z_{min}$  входит составляющая  $\omega_\varphi$ , дающая возможность при обработке удалить неперпендикулярность (биение) торца. В этом случае даже на окружности в точке  $M$  будет снят слой металла, достаточный для удаления шероховатостей и дефектного слоя, оставшихся после предшествующей обработки.

В то же время в расчете по приведенной методике не полностью учитывается колебание снимаемого припуска (а значит, и колебание глубины термоупрочненного слоя): учитывается колебание за счет допусков на операционные размеры  $T_E = \sum T_{A_i} = T_{A_1} + T_{A_2}$ , но не учитывается колебание снимаемого припуска за счет торцового биения. Это хорошо видно из схемы на рис. 2. Общее колебание снимаемого припуска будет равно  $T_{A_1} + T_{A_2} + T_0$  ( $T_0$  – допуск торцового биения).

Методика расчета припусков и операционных размеров, учитывающая это обстоятельство, заключается в следующем.

В состав размерной цепи относительно заданной конструктором глубины термоупрочненного слоя  $C_K$  как замыкающего звена включается так называемое нулевое звено "0" – вектор торцового биения (нулевым его называем потому, что номинальное значение этого звена всегда равно нулю). Такая размерная цепь показана на рис. 1, г. Следует пояснить, почему на р.д. I, а звено "0" отложено вправо от размера  $A_1$ . Это вытекает из физической сущности явления: наличие неперпендикулярности (торцового биения) как бы увеличивает размер  $A_1$ .



Р и с. 2. Структура операционного припуска

Уравнение замыкающего звена цепи р.ц. I, а.

$$C_K = C_T + A_2 - A_1 - "D": \quad (1a)$$

Уравнение допусков этой цепи

$$T_{CK} = T_{CT} + T_{A_2} + T_{A_1} + T_0 \leq 0,3. \quad (3a)$$

Как уже отмечалось, при решении уравнения (3) допуск технологической глубины цементации принимают  $T_{CT} = 0,2$  мм, а допуск торцового биения задан в операции 45:  $T_0 = 0,05$  мм. Тогда допуски на операционные размеры  $A_1$  и  $A_2$  можно найти из уравнения (3,а):

$$T_{A_1} + T_{A_2} = T_{CK} - T_{CT} - T_0 = 0,3 - 0,2 - 0,05 = 0,05 \text{ мм.}$$

Размеры  $A_1$  и  $A_2$  получаем путем шлифования с примерно одинаковым уровнем точности. Поэтому примем  $T_{A_1} = 0,03$  мм и  $T_{A_2} = 0,02$  мм. Теперь размер  $A_2$  будет иметь значение  $A_2 = 20 - 0,02$ .

Повторное решение уравнения (2) при  $\varepsilon_{min} = 0,2$  мм и  $T_{A_1} = 0,03$  мм дает нам значение  $A_1 = 20,23 - 0,03$ .

Для расчета технологической глубины цементации  $S_T$  используем уравнение (Ia) и методику, использованную при решении уравнения (I). Расчет дает следующие значения:  $S_{Tmax} = 1,0$  мм,  $S_{Tmin} = 0,8$  мм. Сопоставление результатов расчета показывает, что учет торцового биения торца после цементации и закалки (т.е. включение в состав размерной цепи нулевого звена) не влияет на технологическую глубину цементированного слоя, а влияет только на величину допусков на операционные размеры механической обработки.

**В ы в о д ы.** Включение в состав  $S_{Tmin}$  на обработку поверхности после термоупрочнения составляющей, предназначенной для компенсации пространственных отклонений (например, торцового биения), обеспечивает качественную обработку, но не обеспечивает заданную точность глубины термоупрочненного слоя. Для обеспечения этой точности необходимо включать в состав размерной цепи составляющее "нулевое" звено, соответствующее торцовому биению, а допуски на операционные размеры скорректировать с учетом биения цементированной поверхности.

#### Б и б л и о г р а ф и ч е с к и й      с п и с о к

1. И в а щ е н к о И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. М.: Машиностроение, 1975. 224 с.
2. М е р к у р ь е в И.А., Р а х и м о в Э.Г., С о л о в ь е в В.К. Теория и практика расчета операционных размеров и допусков при проектировании технологических процессов механической обработки: Учеб. пособие. Уфа, 1970. 137 с.
3. К а л и н и н М.А. Припуски на механическую обработку: Справочник технолога-машиностроителя. Т. I. М.: Машиностроение, 1985. С. 175-196.