

Тогда:  $E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Fe}) = 4,29 + 0,072 = 4,362 \text{ эВ}$ .

Если сравнить энергии связи на атом в химических элементах Fe, Cu и Sn, которые согласно [3] равны:

$$E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Fe}) = 4,29 \text{ эВ};$$

$$E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Cu}) = 3,50 \text{ эВ};$$

$$E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Sn}) = 3,12 \text{ эВ},$$

то наименьшая энергия связи на атом приходится на химический элемент Sn.

При соединении элементов Fe и Sn энергия связи в слое Sn уменьшится на 0,056 эВ и становится равной  $E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Sn}) = 3,064 \text{ эВ}$ .

При соединении элементов по схеме Fe - Cu - Sn энергия связи в элементе переходного слоя Sn увеличивается на 0,016 эВ и становится равной

$$E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Sn}) = 3,136 \text{ эВ}.$$

Следует отметить, что при этом уменьшится энергия связи в Cu на 0,016 эВ и станет равной  $E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Cu}) = 3,484 \text{ эВ}$ , но и после этого уменьшения энергия связи на атом в Cu заметно больше чем энергия связи в Sn.

Следовательно, если соединить элементы по схеме Fe - Cu - Sn, то энергия связи в Sn не уменьшается, а немного увеличивается, а если соединить по схеме Fe - Sn, то энергия связи в Sn уменьшается.

Таким образом, самое слабое звено системы соединения (Sn) при соединении металлов по схеме Fe - Sn приводит к снижению прочности Sn и упрочнению Fe, а при соединении по схеме Fe - Cu - Sn самое слабое звено Sn упрочняется.

### Выводы

Теоретическими исследованиями установлено, что самое слабое звено системы соединения (Sn) при соединении металлов по схеме Fe - Sn приводит к снижению прочности Sn и упрочнению Fe, а при соединении по схеме Fe - Cu - Sn самое слабое звено Sn упрочняется.

Список литературы: 1. Гуляев А.П. Металловедение.- М.: Металлургия, 1986.- 544с. 2. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. - М.: Мир, 1968.- 558 с. 3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела.- М.: Наука, 1978.-790 с. 4. Борн М. Атомная физика. - М.: Мир, 1970.- 488 с. 5. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела.- М.: Мир, 1979.- 399 с.

Поступила в редколлегию 15.05.2008

## УДК621.757.001.57

А.Г. ЯСЕВ, К.Г. МЕЖЕННАЯ

### ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ВАЛОВ ГИДРОМАШИН НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Two cases of grinding of billows of hydraulic machines are analyzed in the article; basic reliability indexes of this method are expected. The rational parameters of tuning of the technological system are certain.

В условиях реальных производственных процессов возникает необходимость рассмотреть в качестве объекта теории надежности метод механической обработки [1]. Повышение надежности процесса механической обработки с целью стабильного обеспечения заданной точности обрабатываемых деталей является актуальным вопросом, поскольку надежность определяет эффективность использования станков и автоматических линий и обуславливает показатели производительности и экономичности технологических процессов.

Целью данной статьи является применение аппарата показателей теории надежности при исследовании процесса шлифования валов гидромашин в условиях реальной технологической системы на предприятии-изготовителе, а также определение рациональных параметров настройки технологической системы для обеспечения заданного уровня точности обработки.

Исследование проведено для вала двигателя ДС0.02 (вал I) и вала насоса ДЦН80 (вал II).

Для вала I были собраны статистические данные операции шлифования поверхности  $\varnothing 8f9 \left( \begin{smallmatrix} -0.013 \\ -0.049 \end{smallmatrix} \right)$ ,  $R_a$  1,25 мкм, и установлено, что поле рассеивания выходит за пределы поля допуска (возможно возникновение брака на операции).

Таблица 1 – Параметры распределений полученных размеров при шлифовании валов

№ п/п	Закон распределения	Математическое ожидание $a$ , мм	Среднеквадратическое отклонение $\sigma$ , мкм	Ассиметрия $\alpha$
Вал I	Нормальный	7,961	8,9698	-0,414
Вал II	t-распределение	17,90	1,9326	0,33

При исследовании шлифования поверхности  $\varnothing 18g7 \left( \begin{smallmatrix} -0.006 \\ -0.018 \end{smallmatrix} \right)$ ,  $R_a$  0,32 мкм вала II было установлено, что поле рассеивания находится в пределах поля допуска.

Для двух случаев определено, что закон рассеивания размеров близок к нормальному при уровне значимости 5% с параметрами представленными в таблице 1.

Предварительно был проведен анализ показателей надежности с применением в качестве объекта исследования метода механической обработки [1]. В результате установлен состав показателей, которые могут быть применены для оценки надежности метода обработки (в данном случае шлифования).

Основным показателем надежности является вероятность безотказной работы  $P(t)$  за период наработки  $t$ . На практике для оценки можно воспользоваться показателем вероятности получения брака на данной операции  $q$  [2]:

$$P(t)=1-q, \quad (1)$$

$$q = 1 + F_z \left[ -\frac{3(1+E)}{K} \right] - F_z \left[ \frac{3(1-E)}{K} \right], \quad (2)$$

где  $F_z \left[ -\frac{3(1+E)}{K} \right]$ ,  $F_z \left[ \frac{3(1-E)}{K} \right]$  - значения интегралов, определяющих площади, ограниченные функцией плотности распределения  $f(x)$  и абсциссами  $D_0 \pm d$ . Значения функции  $F_z$  табулированы в зависимости от величины аргумента [3];

$K$  - коэффициент относительного рассеяния [2]:

$$K = \frac{6\sigma_x}{6\sigma}, \quad (3)$$

где  $\sigma_x$  - среднеквадратическое отклонение поля допуска;

$\sigma$  - среднеквадратическое отклонение поля рассеивания размеров;

$E$  - коэффициент настроенности процесса [2]:

$$E = \frac{m_x - \Delta_0}{3\sigma_x}, \quad (4)$$

где  $\Delta_0$  - положение середины поля допуска на выполняемый размер, для вала I  $\Delta_0=7,969$  мм; для вала II  $D_0=17,88$  мм.

Кроме вероятности безотказной работы рассчитаем также и другие показатели надежности.

Статистическую оценку средней наработки на отказ  $\hat{T}$  вычисляют по формуле [4]:

$$\hat{T} = \frac{t}{r(t)}, \quad (5)$$

где  $r(t)$  - число отказов, фактически происшедших за суммарную наработку  $t$ . За суммарную наработку принимаем длительность межналадочного периода, которая для вала I составляет  $t=6$  мин, для вала II  $t=35$  мин. Количество отказов в первом случае  $r(t)=6$ , во втором случае существует резерв точности, поэтому  $r(t)=-2$ .

Статистическая оценка для интенсивности отказов  $\hat{\lambda}(t)$  имеет вид [4]:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{r(t + \Delta t) - r(t)}{N \cdot \Delta t}, \quad (6)$$

где  $\Delta t$  - время обработки одной детали. Для вала I  $\Delta t=0,12$  мин, для вала II  $\Delta t=0,7$  мин;

$N$  - количество обработанных деталей за суммарную наработку,  $N=50$  шт.

Статистическую оценку для параметра потока отказов  $\hat{\mu}(t)$  определяют по формуле [4]:

$$\hat{\mu}(t) = \frac{r(t_1) - r(t_2)}{t_2 - t_1} \quad (7)$$

Поскольку наибольшая вероятность получения брака в начале и конце межналадочного периода, принимаем для вала I  $t_1=0,36$  мин  $t_2=6$  мин; для вала II  $t_1=0,7$  мин  $t_2=35$  мин.

Кроме единичных показателей рассчитаем также комплексные показатели надежности.

Коэффициент готовности рассчитывается по формуле [4]:

$$K_T = \frac{t}{t + t_{\text{под}}}, \quad (8)$$

где  $t_{\text{под}}$  - время на подналадку станка,  $t_{\text{под}}=2,5$  мин.

Коэффициент технического использования [4]:

$$K_{T.I.} = \frac{\Delta t}{T_{\text{ум}}}, \quad (9)$$

где  $T_{\text{ум}}$  - штучное время на операцию, для вала I  $T_{\text{ум}}=3$  мин, для вала II  $T_{\text{ум}}=3,5$  мин.

Расчет показателей надежности для двух случаев обработки приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет показателей надежности при шлифовании валов

№ п/п	Наименование показателя	Вал I	Вал II
1	Коэффициент относительного рассеяния $K$	0,669	1,035
2	Коэффициент настроенности процесса $E$	-0,44	0,33
3	Вероятность безотказной работы $P(t)$ , %	95,54	102,57
4	Средняя наработка на отказ $\hat{T}$ , мин	1	-17,5
5	Интенсивность отказов $\hat{\lambda}(t)$	0,1667	0,0286
6	Параметр потока отказов $\hat{\mu}(t)$	-0,5319	0,029
7	Коэффициент готовности $K_T$	0,7	0,93
8	Коэффициент технического использования $K_{T.I.}$	0,04	0,2

Рассмотренные случаи иллюстрируют два типичных варианта выполнения операции. В первом случае существует вероятность

возникновения брака, во втором имеется резерв точности на обработку, который составляет 2,57%. Но в обоих случаях необходимо определить рациональные параметры настройки технологической системы, которые бы обеспечили стабильное получение заданного уровня точности обработки при сохранении высокого уровня производительности.

Для обработки важно установить два параметра – это настроечный размер и длительность межналадочного периода.

Определим значения этих параметров для случая обработки вала I. В рассматриваемом случае смещение уровня настройки описывается уравнением, адекватность которого была предварительно проверена:

$$m_x(t) = -0.4095 + 5.154 \cdot t \quad (10)$$

Было установлено, что в данном случае имеет место изменение уровня настройки при постоянном мгновенном рассеивании размеров  $s_x(t) = s_0 = 2,3$  мкм.

Определим значение  $m_0^*$ , соответствующее рациональному начальному положению уровня настройки, при котором величина  $T$  будет наибольшей. По определению [2]:

$$m_{01} \leq m_0 \leq m_{02}, \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned} m_{01} &= \Delta_0 - \delta + 3\sigma_0; \\ m_{02} &= \Delta_0 + \delta - 3\sigma_0. \end{aligned} \quad (12)$$

Непрерывная функция принимает наибольшее значение или в точках экстремума, или на концах интервала. Функция  $T(m_0)$  может иметь экстремум только в точке  $m_0 = m_{02}$  и равняется в этой точке нулю. Значит она принимает наибольшее значение на другом конце промежутка, в точке  $m_0 = m_{01}$ .

$$m_0 = 7,969 - 0,018 + 0,007 = 7,957 \text{ мм}$$

Изменение размеров обрабатываемых деталей с допуском  $2d$  при заданном настроечном размере  $m_0$  и мгновенном рассеивании размеров  $s_0$  представлено на рис. 1, когда смещение уровня настройки во времени имеет линейную зависимость (10).

Ожидаемая размерная стойкость [5]:

$$T_{\max} = 2\delta \cdot ctg\alpha; \quad T_{\min} = (2\delta - m_0 - 3\sigma_0) \cdot ctg\alpha, \quad (13)$$

откуда среднее время работы станка между поднастройками

$$T_{cp} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} = \left( 2\delta - \frac{m_0}{2} - \frac{3\sigma_0}{2} \right) \cdot ctg\alpha \quad (14)$$

$$T_{cp} = (36 - 3,5 - 3,45) \cdot 0,194 = 5,63 \text{ мин} - \text{что составляет 46 деталей.}$$

Аналогично определим параметры настройки на операции шлифования при обработке вала II. Смещение уровня настройки описывается уравнением:

$$m_x(t) = 3.8 + 0.192 \cdot t \quad (15)$$

Изменение уровня настройки при постоянном мгновенном рассеивании размеров  $s_x(t) = s_0 = 1$  мкм.

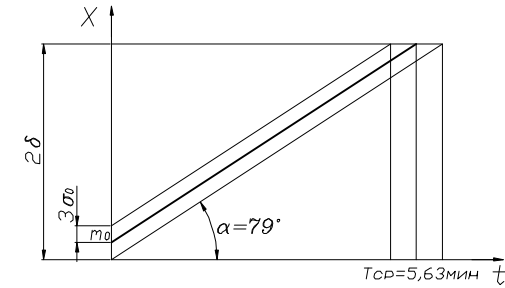


Рис. 1 – График для определения периодичности подналадок на операции шлифования вала I

Положение рационального начального уровня настройки

$$m_0 = 17,988 - 0,006 + 0,003 = 17,985$$

Среднее время работы станка между поднастройками

$$T_{cp} = (12 - 1,5 - 1,5) \cdot 5.2083 = 46,88 - \text{что составляет 66 деталей.}$$

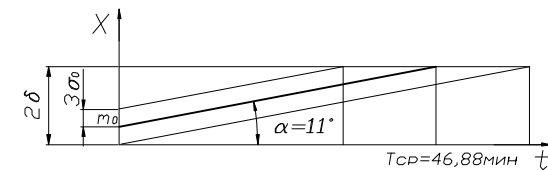


Рис. 2 – График для определения периодичности подналадок на операции шлифования вала II

### Выводы.

1. В результате анализа показателей надежности установлено, что на практике имеются случаи нестабильного получения заданной точности обработки (обработка вала I), а на некоторых операциях обработка ведется с чрезмерно жесточенными параметрами (шлифование вала II).
2. С целью обеспечения стабильного получения заданного уровня точности обработки при сохранении высокого уровня производительности определены рациональные параметры настройки технологической системы.

Список литературы: 1. Ясев А.Г., Меженная К.Г. Методологические аспекты надежности методов механической обработки // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 5 (52). – Днепропетровск, 2007. – С. 72-78. 2. Справочник технолога машиностроителя под ред. А.М. Дальского – М: Машиностроение, 2001. т.1 – 912с. 3. Маталин А.А. Технология машиностроения. – Л.: Машиностроение, 1985 – 496с. 4. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1989. 5. Ишуткин В.И. Технологическая надежность системы СПИД. – М., Машиностроение, 1973 – 128с.