

...200 Н, смазке маслами "Велосит", "Турбинное-22" при расходе 0,05 л/мин находится в пределах 0,387...0,390. Значительное изменение величины этого отношения вызывается повышенным износом элементов подшипников, выгоранием смазки, перекосом и явлениями, предшествующими заклиниванию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экспериментальные методы обнаружения повреждений подшипников качения в ранней стадии /А.И. Ерошкин, В.П. Максимов, П.И. Оршанов, Е.А. Самылин. — В сб.: Прочность и динамика авиационных двигателей. М., 1971, вып. 6.
2. Исследование влияния условий смазки и режима работы на кинематику радиально-упорных шарикоподшипников /П.И. Ящерицын, Н.Т. Минченя, Ю.В. Скорынин, Е.С. Яцуря — В сб.: Машиностроение и приборостроение. Мн., 1975, вып. 7.
3. Самойлов В.Ф., Маковеев В.Г. Импульсная техника. — М., 1971. 4. Кобольд Р. Теория и применение полевых транзисторов. — Л., 1975.

УДК 621.923.6

В.А.НИКОЛАЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ТОНКОМ ТОЧЕНИИ

Шероховатость обработанной поверхности зависит от большого количества факторов: подачи, геометрических параметров реза, скорости резания, обрабатываемого и инструментального материала, смазывающе-охлаждающей среды и др.

В традиционном (классическом) эксперименте поочередно варьируется каждый фактор. Исследователь иногда получает информацию от варьируемых факторов в областях, далеких от оптимальной. Проведение классических экспериментов весьма трудоемко и требует больших материальных затрат.

Одной из наиболее сложных задач при исследовании является вопрос учета всех сильно влияющих факторов. В нашем случае необходимо было установить, насколько сильно влияют на шероховатость обработанной поверхности режимы, инструментальный материал, геометрические параметры и смазывающе-охлаждающее средство (СОС). Существует ряд методов, позволяющих учесть силу влияния каждого фактора на параметр оптимизации. Мы рассмотрим метод априорного ранжирования факторов, который позволяет учитывать коллективное мнение специалистов.

Ведущим специалистам предлагают заполнить анкету (табл.1), в которой необходимо расположить факторы в порядке убывания

Т а б л и ц а 1. Стандартная анкета

Фактор	Операционное определение	Размерность	Область определения	Ранг
s, подача	чистовое точение	мм/об	0,01...0,7	1
r, радиус при вершине	геометрия оптимальная с точки зрения стойкости	мм	0,1 ...1,0	2
v, скорость резания	число n = const	м/мин	50 ... 500	3
материал инструмента	монокристаллический инструмент Т30К4, ВКЗМ, Т60К6, эльбор Р		—	4
СОС		—	—	5

Т а б л и ц а 2. Матрица рангов для процесса тонкого точения

Исследователь	Факторы				
	S(X ₁)	r(X ₂)	v(X ₃)	материал инструмента (X ₄)	СОС (X ₅)
Докт.техн.наук, проф. (ВАК)	1	2	5	4	3
Докт.техн.наук, проф.	1	4	2	3	5
Канд.техн.наук, проф.	3	5	4	1	2
Канд.техн.наук, доц.	2	3	1	5	4
Канд.техн.наук	1	2	3	4	5
Сумма рангов	8	16	15	17	19
Отклонение от средней суммы рангов	-7	+1	0	+2	+4
Квадраты отклонений	49	1	0	4	16

их воздействия на параметр оптимизации (проранжировать). Ранг фактора показывает его место в ранжировочном ряду. Результаты опроса представляют в виде матрицы рангов. (Исследователь может проранжировать факторы самостоятельно по трудам ведущих специалистов.)

Матрица результатов ранжирования при исследовании влияния технологических факторов на шероховатость обработанной поверхности при тонком точении представлена в табл. 2. Мнения ученых проранжированы в зависимости от авторитетности (см. табл. 2).

Далее определяют:

1. Сумму рангов по факторам $\sum_{j=1}^m a_{ij}$, где a_{ij} – ранг i -го фактора у j -го исследователя, m – число исследователей;

2. Разность между суммой рангов каждого фактора и средней суммой рангов:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} - T, \quad T = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}{n},$$

где n – число факторов;

3. Квадрат отклонения от средней суммы рангов.

Оценкой согласованности мнений исследователей является коэффициент конкордации W , рассчитываемый по формуле (1):

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)},$$

где S – сумма квадратов отклонений от средней суммы рангов. В нашем случае

$$W = \frac{12 \cdot 70}{5^2(5^3 - 5)} = \frac{840}{3000} = 0,28.$$

Так как коэффициент конкордации значим, строим среднюю априорную диаграмму рангов (рис. 1).

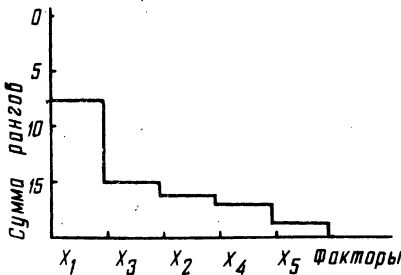


Рис. 1. Диаграмма рангов.

Полученное распределение неравномерное, убывающее экспоненциально. Факторы, имеющие наибольшие суммы рангов (в нашем случае X_4 и X_5), не включают в дальнейшем в физический эксперимент. Если распределение неравномерное, убывающее монотонно, или равномерное, тогда в физический эксперимент включают все факторы.

Для оценки степени согласованности мнений двух исследователей используется коэффициент ранговой корреляции

$$R = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n},$$

где d_i — разность рангов i -го фактора.

Проверим степень согласованности мнений у третьего и четвертого исследователей:

$$R = 1 - \frac{6 \cdot 1}{120} = 0,95.$$

Коэффициент ранговой корреляции весьма высокий, следовательно, мнения исследователей согласуются. Вместе с тем значимость R проверяется по X^2 — распределению:

$$X_R^2 = \frac{1}{1/12} \frac{S}{5/5} \frac{1}{(5+1)} = \frac{12 S}{150} = 5,6.$$

Полученные значения X_R^2 сопоставляются с табличными [2,3].

Отдельные исследователи, отдавая предпочтение методу многофакторного планирования экспериментов, совершенно отказываются от метода однофакторного эксперимента. Придерживаясь такой концепции, можно совершить грубую ошибку, например, в вопросе трудоемкости (количества опытов) мы считаем необходимым использование априорной информации по влиянию различных факторов на оптимизацию процесса (полученной однофакторными экспериментами другими исследователями). Если такие исследования не проводились или их количество недостаточно для анализа, то иногда планированию эксперимента могут предшествовать однофакторные исследования, а их результаты должны быть представлены в виде таблиц, графиков или формул. Анализ последних дает возможность выделить "хорошие результаты" и с них начать планирование эксперимента. Чем удачнее будут выбраны начальные условия планирования эксперимента, тем меньшее число опытов потребуется.

Мы считаем, что многофакторное планирование эксперимента лучше производить после того, как установлен физический смысл той или иной экстремальной зависимости (имеются факт экстремальности и ориентировочное место его расположения). При таких условиях стратегия поиска оптимума значительно упрощается.

Вначале нужно выбрать условия проведения первой серии опытов: основной уровень и интервалы варьирования факторов. За основной уровень факторов принимаются те значения, при которых ранее были достигнуты наилучшие результаты. При отсутствии априорной информации следует интуитивно выбрать несколь-

ко вариантов, экспериментально опробовать их и отобрать наилучший.

Нами были проведены исследования по оптимизации процесса тонкого точения лейкосапфировыми резцами стали 45. Условия оптимизации — минимальная шероховатость обработанной поверхности. В качестве независимых переменных были выбраны факторы: подача, радиус при вершине резца и скорость резания.

Результаты экспериментов и расчетов показывают, что минимальная шероховатость зафиксирована при режимах:

$v = 170$ м/мин, $s = 0,02$ мм/об и $r = 0,3$ мм.

Эксперименты свидетельствуют о том, что уменьшать скорость и радиус при вершине нецелесообразно. По коэффициентам регрессии можно судить о том, что наибольшее влияние на величину шероховатости обработанной поверхности оказывает подача, затем в порядке уменьшения — радиус при вершине и скорость резания.

Ранее проведенные исследования [5] по прежней (классической) методике показывают, что при тонком точении стали 45 лейкосапфировыми резцами необходимо работать на следующих режимах: $v = 165 \dots 220$ м/мин, $s = 0,03$ мм/об, $r = 0,3$ мм. Иначе говоря, полученные результаты достаточно хорошо согласуются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грановский Ю.В. Основы планирования экстремального эксперимента для оптимизации многофакторных технологических процессов. — М., 1971.
2. Об одном методе формализации априорной информации при планировании эксперимента/ Ю.П. Адлер, И.Ф. Александрова, Ю.В. Грановский, Н.Н. Налимов. — В сб.: Планирование эксперимента. М., 1966.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. — М., 1965.
4. Вульф А.М. Резание металлов. — М., 1973.
5. Николаев В.А. Исследование процесса тонкого точения лейкосапфировыми резцами: Дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. — Мн., БПИ, 1973.

УДК 621.923.6

В.А.НИКОЛАЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ТОНКОМ ТОЧЕНИИ МЕТОДОМ ПРОЗРАЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

В свое время автором был предложен метод измерения температуры резания при тонком точении [1,2] с помощью прозрачного резца. Однако, этот резец не позволял наблюдать за зоной резания в процессе работы инструмента.