

В порядке обсуждения

УДК 621.91.001.5

Ю. А. НОВОСЕЛОВ, канд. техн. наук (Гомельский ГТУ им. П. О. Сухого, Беларусь), тел.: 375-(232)-54-2780

Методология оптимальных исследований процессов лезвийного резания

В статье анализируется исторически накопленный комплекс недостатков существующей системы понятий обработки резанием и предлагается иной подход к ее формированию на основе введенного автором понятия эталонного опыта логической модели процесса резания.

Ключевые слова: методология, исследование, резание, модель, всеобщность результатов.

In the paper the historically cumulated complex of disadvantages of existing conceptual framework of cutting is analyzed, and another approach to its forming on the basis of the etalon experience concept of logical model of cutting process, introduced by author, is proposed.

Keywords: methodology, investigation (research), cutting, model, results generality.

Анализ литературы по резанию материалов дает основание утверждать, что до настоящего времени объектами исследований в области обработки резанием являлись ее обособленные виды и соответствующие им конструкции режущего инструмента. Результаты таких исследований, полученные для конкретных объектов обработки, не могут служить основой для обобщенных выводов о сложнейших физических явлениях, свойственных процессу ре-

зания как единой совокупности. Необходимость в таких выводах особенно остро ощущается в последнее время в связи с попытками создания систем автоматизированного проектирования процесса резания (САПР ПР), режущего инструмента (САПР РИ), технологической оснастки (САПР ТО) и самого технологического процесса (САПР ТП), да и просто с целью перевода каким-то образом на язык формальной (компьютерной) логики всех результатов исследований в области обработки резанием и технологии машиностроения, если это вообще возможно.

Как отмечалось в работах [1–10], процесс обработки резанием зависит от большого числа определяющих его условий и обстоятельств, которые назовем факторами влияния на процесс резания, поделив их на внешние и внутренние.

К **внешним факторам влияния** относятся такие факторы, которые предопределены заданными условиями выполнения самой технологической задачи, а именно:

1) деталью, подлежащей изготовлению (габариты, масса, форма, сложность, материал, точность,

требуемое физико-химическое состояние обработанных поверхностей и т. д.);

2) заготовкой, из которой предполагается создать эту деталь (вид, способ получения, форма, размеры, припуски, физико-техническое состояние подлежащих обработке поверхностей и т. д.);

3) поверхностью, получаемой в результате обработки (конфигурация, расположение, размеры, точность, шероховатость, наклеп, остаточные напряжения в поверхностном слое и т. д.);

4) кинематической схемой резания, выбранной для получения нужной поверхности (число элементарных движений резания, их вид, относительное расположение, соотношение скоростей и т. д.);

5) металлорежущим станком (тип, модель, структура, компоновка, кинематика, динамика, мощность, жесткость, производительность, точность и т. д.);

6) режущим инструментам (вид, тип, конструкция, число лезвий, материал, углы лезвия, шероховатость рабочих поверхностей, стойкость, стоимость и т. д.);

7) станочным приспособлением (технологические возможности, устройство, сложность, жесткость, принцип базирования, точность и т. д.).

Внешние факторы влияния несмотря на их огромное значение для получения готовой детали требуемого качества в теории резания объектами исследований являться не могут — они относятся к области технологии машиностроения. Теория же резания изучает физическую сущность самого процесса резания и его влияние на результат обработки в каких-то определенных регламентированных (принятых, типовых, нормализованных) условиях.

Внутренними факторами влияния являются условия реализации самого процесса резания с приведенными в скобках характеристиками и свойствами:

1) режим резания (подача S , скорость v и глубина t резания);

2) геометрия лезвия (углы: передний γ , задний α , в плане ϕ и др.);

3) кинематика формообразования (степень сложности движения резания, форма траектории резания, криволинейность режущей кромки, прерывистость процесса резания, переменность сечения срезаемого слоя и т. п.);

4) физическое воздействие на зону резания (охлаждение, нагрев, смазывание, колебания, магнитное поле, электрический ток, агрессивная среда и т. д.).

Для решения задач, обусловленных влиянием на результат обработки резанием перечисленных в скобках характеристик и свойств четырех приведенных внутренних факторов, необходимо переосмыслить качественную и количественную сущность этих характеристик и свойств по каждому из факторов в отдельности.

1. Режим резания.

Скорость v резания не вызывает каких-либо сомнений — это фактически скорость главного движения резания, от которой в первую очередь зависят такие важнейшие показатели процесса резания, как производительность обработки, силы и мощность резания, тепловыделение и температура резания, качественные характеристики обработанной поверхности и т. д. А подача S и глубина t резания требуют особого рассмотрения.

Подача S , являющаяся важнейшей технологической характеристикой обработки резанием, в соответствии с излагаемой логикой рассмотрения самого процесса резания независимым его параметром быть не может по следующим причинам:

1) движение подачи как вспомогательное движение нужно лишь для перемещения зоны резания в процессе обработки от одного цикла главного движения резания (оборота, двойного хода) к другому. Такое перемещение может осуществляться либо одновременно с главным движением без прерывания процесса резания (при точении, осевой обработке, фрезеровании), либо с его прерыванием (при строгании, долблении), либо его вообще может не быть (при протягивании). В первом случае скорость движения подачи настолько мала (кроме протачивания винтовых канавок с большим шагом), что оно не в состоянии оказать заметного влияния на процесс резания, во втором — это движение осуществляется вне цикла главного движения (вне процесса резания), в третьем — оно отсутствует вообще. Кроме того, движений подачи при обработке резанием может быть несколько (например при зубонарезании), их направления могут быть разными;

2) для оценки быстроты всех возможных движений подачи в различных процессах резания используются самые разные скоростные характеристики, имеющие в связи с этим несопоставимые друг с другом и с главным движением резания единицы измерения (мм, мм/об, мм/дв. ход, мм/зуб, мм/град и т. д.), что исключает возможность их суммирования;

3) подача сама по себе не определяет ни геометрию зоны резания, ни кинематику этого процесса, ни деформацию срезаемого слоя, ни силы резания, ни тепловой режим процесса резания и т. д.

Глубина t резания, являясь (как и подача) общеизвестной технологической характеристикой обработки резанием, также не может быть однозначным и независимым параметром самого процесса резания, поскольку понятие глубины t резания до сих пор еще четко не определено. Оно отсутствует и в основополагающем терминологическом стандарте по обработке резанием [11], так как его разработчики, в состав которых входил и автор данных

зирать вариацию средней отклика в зависимости от технологических параметров процесса шлифования. В общем случае привязку прогнозируемых параметров микрорельефа к конкретным условиям шлифования выполняем по схеме, принятой в нормативах режимов шлифования:

$$m\bar{y}_{d+j} = (\bar{y}_{d+3+j})K_jK_{медд}, d = \overline{1;2}, \\ j \in [1; 4], j \neq 3. \quad (18)$$

Следует отметить, что некоторые исследователи [11] негативно относятся к непараметрическим методам. Они считают, что наилучшим является вариант, когда сняты все ограничения по использованию параметрических статистик. В частности, предлагается повторное проведение испытаний для наблюдений, вызывающих сомнения, выравнивание дисперсии и т. п. Однако в прикладной статистике, как показал наш опыт, трудно добиться идеального выполнения всех ограничений, накладываемых на СВ со стороны параметрических методов. В этом случае использование поправочных коэффициентов (18) повышает точность оценок моделей МДА I.

Выводы

1. Статистическими методами было установлено, что по шлифуемости стали 30ХГСА и 30ХГСН2А-ВД следует объединить в одну группу, т. е. на 5 %-ом уровне значимости принять нуль-гипотезу.

2. Точечные оценки показали, что наименьшие высоты шероховатостей предсказаны для кругов 2 и 3. Это нашло отражение в равенстве поправочных коэффициентов $K_j, j = 2;3$ в формуле (18).

3. Размах шероховатостей в категориальных величинах составил: $7 \div 10$ в поперечном направлении и $11 \div 13$ в ортогональном к нему сечении. По результатам ОДА I доверительный интервал для шероховатостей находится в диапазоне $2 \div 3$ категориальных величин. Для практики целесообразно учитывать отклонения от средней в "плюс". При таком подходе к качеству поверхности можно снизить рассеяние высотных микронеровностей до 6-й и 1-й категориальных величин соответственно, что исключает возможность брака.

4. Анализ непараметрических описательных статистик выявил, что по возрастанию 75-го процентиля получена последовательность ($j = \overline{1;4}$): 25WAF40K6V20 (круг 3); 24WAF60K6V11 (круг 2); 24WAF40K6V11 (круг 1) и 25WAF60K6V20 (круг 4). Так, по параметру R_{max} для круга 3 детали соответствуют категориальной величине 1,25 мкм, а для всех остальных кругов — на ступеньку выше (1,6 мкм). Эти верхние интервальные оценки по

точности группирования шероховатостей не совпали с параметрическими статистиками, которые предсказали снижение в последовательности: круги 3, 1, 2 и круг 4.

5. Расхождение точечных и интервальных оценок работоспособности абразивных кругов подтвердили, что в прикладной статистике две характеристики СВ следует рассматривать в совокупности и с учетом решаемой задачи акценты значимости целесообразно менять.

6. Исследования показали, что даже при большом числе испытаний (в нашем случае $n \in [30; 60]$) не во всех случаях шлифования обеспечено идеальное выполнение ограничений, накладываемых на СВ со стороны параметрических статистик. При поиске моделей МДА I на базе различных планов задача усугубляется тем, что число параллельных опытов в каждой точке факторного пространства принимается намного меньше. С учетом вышесказанного установлены качественная и количественные оценки использования непараметрических статистик. Частным вариантом такого анализа служат поправочные коэффициенты в формуле (18).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. **Инженерия** поверхности деталей / Под ред. А. Г. Суслова. М.: Машиностроение, 2008. 320 с.
2. **Солер Я. И., Прокопьева А. В., Казимиров Д. Ю.** Автоматизированное управление шлифованием быстрорежущих пластин различной жесткости по критериям микрогеометрии и точности формы поверхности // Вестник машиностроения. 2007. № 11. С. 33—39.
3. **Солер Я. И., Казимиров Д. Ю.** Возможности автоматизированного управления процессом плоского шлифования деталей из высокопрочной стали 40ХН2СМА-ВД // Справочник. Инженерный журнал. 2008. № 7. С. 34—45.
4. **Хусу А. П., Виттенберг Ю. Р., Пальмов В. А.** Шероховатость поверхности (теоретико-вероятностный подход). М.: Наука, 1975. 344 с.
5. **Джонсон Н., Лион Ф.** Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: методы планирования эксперимента / Пер. с англ. М.: Мир, 1981. 520 с.
6. **Поллард Дж.** Справочник по вычислительным методам статистики / Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1982. 344 с.
7. **Алексахин С. В., Балдин А. В., Николаев А. Б.** Прикладной статистический анализ. М.: Приор, 2001. 224 с.
8. **Мятлев В. Д., Панченко Л. А., Терехин А. Т.** Проверка статистических гипотез. www.sevin.ru/fundecology.
9. **Холлендер М., Вулф Д.** Непараметрические методы статистики / Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1983. 518 с.
10. **Кори Г., Кори Т.** Справочник по математике для научных работников и инженеров / Пер. с англ. М.: Наука. 1970. 720 с.
11. **Кокс Д., Хинкли Д.** Теоретическая статистика / Пер. с англ. М.: Мир, 1978. 560 с.