

Д. В. Крайнев, Ж. С. Тихонова, М. В. Капустин, Д. А. Палкин

**ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: krainevdv@mail.ru

В статье рассмотрены проблемы технологической подготовки современного производства. Предлагается частичный перенос задач технологической подготовки непосредственно на этап производства за счет использования оперативной диагностики в зоне обработки.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, оперативная диагностика, режимы резания.

D. V. Kraynev, Zh. S. Tikhonova, M. V. Kapustin, D. A. Palkin

**PROSPECTS OF TECHNOLOGICAL PREPARATION
IN THE CONDITIONS OF MODERN PRODUCTION**

Volgograd State Technical University

The article deals with the problems of technological preparation of modern production. It is proposed to partially transfer the tasks of technological preparation directly to the production stage by using operational diagnostics in the processing zone.

Keywords: technological preparation of production, operational diagnostics, cutting modes.

Эффективность и надежность производства в современных условиях во многом определяются этапом технологической подготовки. При проектировании технологических операций и назначении режимов резания учитывают выбор технологического оборудования (его возможностей), выбор режущего инструмента и рекомендации производителя. При этом, как правило, пренебрегают рядом факторов, воздействие которых приводит к рассогласованию значений заданных параметров результата обработки и фактического результата.

Процессы резания глубоко изучены. Достаточно подробно описаны закономерности формирования параметров качества обработанной поверхности, но их количественная оценка сводится к справочным и существенно усредненным значениям физико-механических характеристик материалов. Стохастический характер процесса механической обработки определяется существенной неоднозначностью химического состава, теплофизических и механических свойств материалов инструмента и обрабатываемой заготовки.

Повышению надежности обеспечения требуемых параметров результатов обработки препятствуют рассогласование рекомендаций производителей инструмента, справочно-методических рекомендаций, нормативных указаний технологической службы предприятий, а также отсутствие полноценной обратной связи из зоны резания. Данная проблема не может быть в полной мере решена технологическими подразделениями, отвечающих за входной контроль и адаптацию технологических решений к условиям конкретного производства.

Традиционными направлениями повышения эффективности технологических процессов является совершенствование технологического оборудования и режущего инструмента. Современное технологическое оборудование, в частности станки с ЧПУ, оснащаются целым рядом систем контроля и диагностики: системы компенсации тепловых деформаций, активный контроль вибраций, контроль усилий на приводах, контроль эффективной мощности резания и другие. Но в данном случае подразумевается мониторинг с целью оценки работоспособности станка, индикации аварийных ситуаций и минимизации поломок, и не реализуется полный потенциал технологических возможностей.

Разброс режущих свойств распространенных твердосплавных пластин определяется свойствами твердосплавной матрицы (химическим составом, структурой, размерами зерен), покрытиями (составом, толщиной отдельных слоев и покрытия в целом), а также варьированием элементного состава в объеме инструмента [1].

Производители режущего инструмента предлагают решения, ориентируясь на группы или подгруппы обрабатываемости сталей, что уже предполагает разброс свойств обрабатываемого материала без учета фактических отклонений химического состава, физико-механических свойств материала даже с учетом требований стандартов. Рекомендации относительно режимов резания сводятся к определенному диапазону варьирования глубины, подачи и скорости резания, то есть определяют области допустимых значений.

Определить фактическое количественное значение обозначенных показателей возможно разрушающими методами исследований в лабораторных условиях, в том числе и металлографическими методами, но это достаточно трудоемко и практически нереализуемо в производственных условиях.

На основании вышесказанного рациональным решением может стать частичный перенос задач технологической подготовки непосредственно на этап производства за счет использования оперативной диагностики (каналов обратной связи) непосредственно в зоне обработки, применимой в промышленных условиях [2].

Одним из способов такой диагностики в качестве показателя работоспособности инструмента в сочетании с конкретным обрабатываемым материалом может выступать сигнал термоЭДС естественной термопары. Метод позволяет прогнозировать стойкость инструмента, на основании установленного периода стойкости рассчитывать требуемую скорость резания, прогнозировать параметры шероховатости поверхности [3]. Применение сигнала термоЭДС ограничено с точки зрения средства постоянной оперативной диагностики, однако может эффективно применяться для предварительной оценки режущей способности инструмента применительно к обрабатываемой заготовке. Нарботки в данной области имеют перспективы в вопросе интеграции в современные системы ЧПУ [4].

В качестве инструмента оперативной диагностики предлагается использование динамически изменяющегося сигнала, например, составляющих силы резания, который может рассматриваться как мониторинговый сигнал с его дальнейшей обработкой.

Если сигнал термоЭДС позволяет судить о физико-механических свойствах контактной пары, то силы резания чувствительными не только к свойствам поверхностного слоя обрабатываемой заготовки, но и позволяют динамически отслеживать ход процесса резания [5]. Так наличие упрочненного поверхностного слоя при прочих равных условиях вызывает изменение не только уровня, но и амплитуды колебания сил резания (рис. 1).

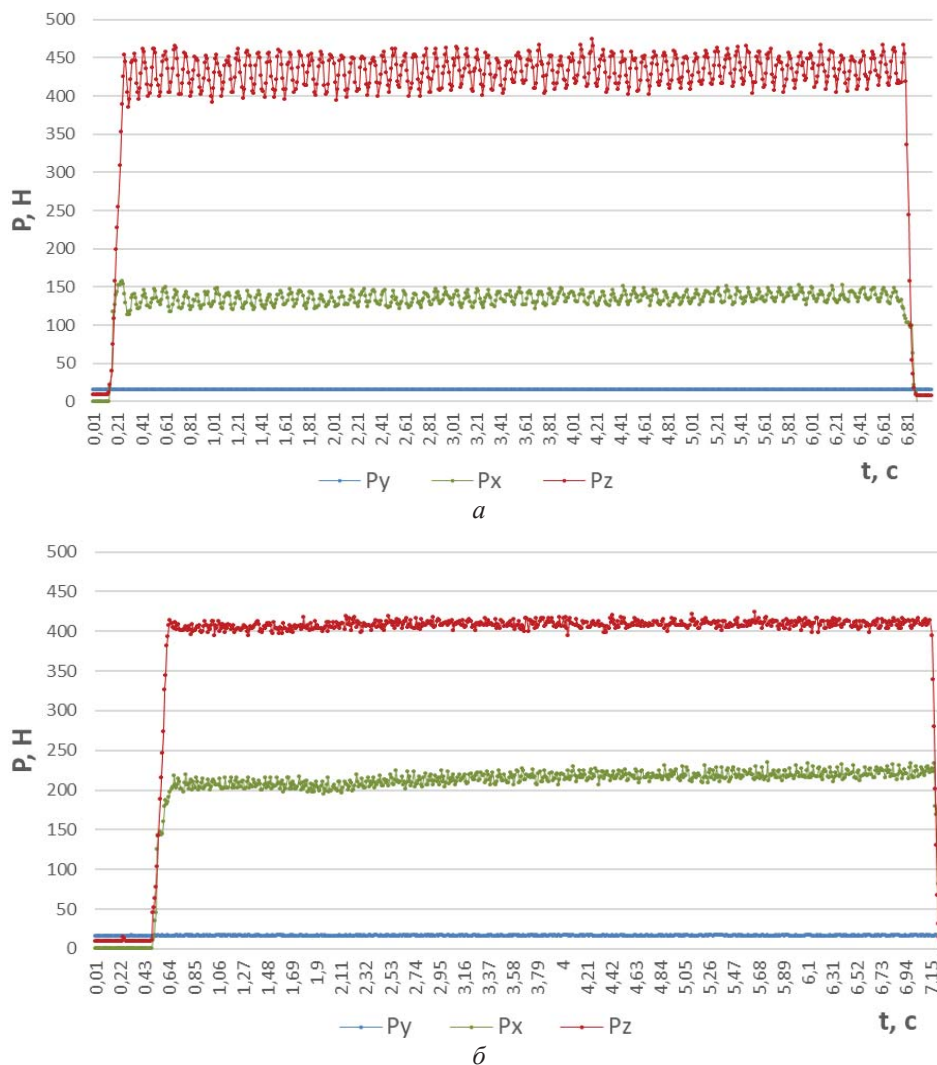


Рис. 1. Динамика составляющих силы резания при точении
(сталь 12X18H10T- Сплав Korloy NC5330; $t=0,5$ мм; $V=270$ м/мин; $S=0,25$ мм/об):
а – без упрочненного слоя; б – упрочненный слой глубиной 1,2 мм

Кроме того, установлена корреляционная связь между величинами составляющих сил резания и амплитудами их колебания и парамет-

рами шероховатости обработанной поверхности (рис. 2).

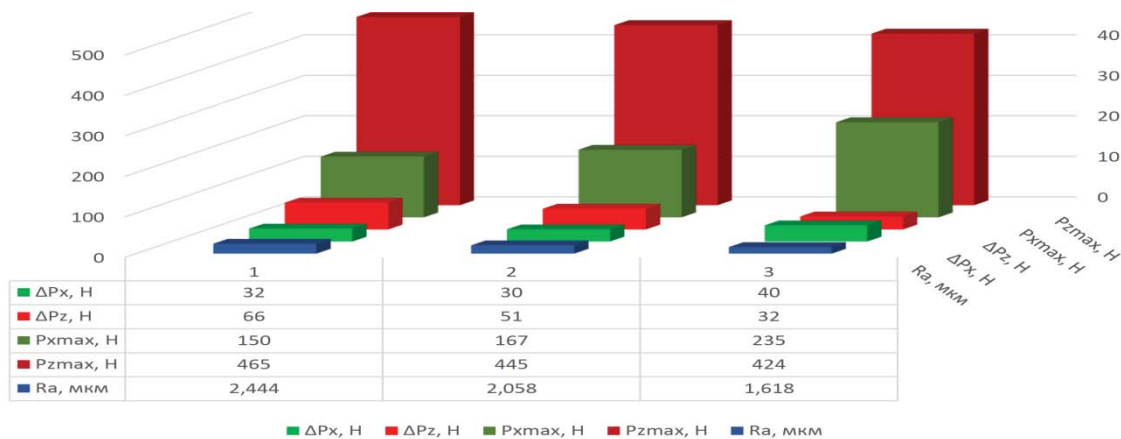


Рис. 2. Влияние величины и амплитуды колебания сил резания на шероховатость обработанной поверхности
(сталь 12X18H10T- Сплав Korloy NC5330; $t=0,5$ мм; $V=270$ м/мин; $S=0,25$ мм/об)

Результаты регрессионного анализа говорят о наличии существенной взаимосвязи уровня составляющих сил резания, их колебаний, которые оценивались по величине стандартного отклонения, с параметрами шероховатости обработанной поверхности.

Полученные зависимости позволяют осуществлять управление параметром шероховатости обработанной поверхности в ограниченных условиях, однако для выявления причин возникновения отклонений в процессе обработки и выработки соответствующих управляющих воздействий необходим дальнейший анализ динамического сигнала.

На первом этапе это позволит проводить количественные оценки геометрии и качества обработанной поверхности, а в совокупности с алгоритмами адаптивного управления обеспечивать их соответствие установленным требованиям.

Предлагаемые решения могут быть использованы как для модернизации ЧПУ за счет штатных диагностических систем станка, так и посредством дополнения вспомогательными средствами на основе станочной оснастки и их интеграции в систему ЧПУ [6-8].

Таким образом можно сделать следующие выводы:

1. Повышение надежности и эффективности технологических процессов требует модернизации методологии технологической подготовки производства.

2. Надежное обеспечение установленных требований к результатам технологических операций невозможно без оперативной информации о ходе технологического процесса.

3. Повышение эффективности управления процессами резания требует интеграции каналов предварительной и оперативной диагностики. В качестве каналов обратной связи требуется использовать инструментарий, применимый в производственных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плотников, А. Л. Управление параметрами процесса лезвийной обработки на станках с ЧПУ / А. Л. Плотников ; Волгоградский государственный технический университет. – Тольятти : Научно-производственный кооператив «Объединение научных инженерных коммерческих структур», 2012. – 231 с. – (Управление качеством технологических процессов в машиностроении). – ISBN 978-5-9903090-4-3. – EDN QISIJP.

2. Чигиринский, Ю. Л. Цифровизация машиностроительного производства: технологическая подготовка, производство, прослеживание / Ю. Л. Чигиринский, Д. В. Крайнев, Е. М. Фролов // Научные технологии в машиностроении. – 2022. – № 8 (134). – С. 39–48. – DOI: 10.30987/2223-4608-2022-8-39-48.

3. Тихонова, Ж. С. Thermo-EMF as Method for Testing Properties of Replaceable Contact Pairs / Ж. С. Тихонова, Д. В. Крайнев, Е. М. Фролов // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019) (Sochi, Russian Federation, March 25-29, 2019). Vol. II, part 2 / ed. by A. A. Radionov [et al.] ; South Ural State University (National Research University), Moscow Polytechnic University, Platov South-Russian State Polytechnic University, Volgograd State Technical University. – Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, [2020]. – P. 1097-1105. – URL : <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-22063-1>. – (Book ser.: Lecture Notes in Mechanical Engineering – LNME).

4. Адаптация метода управления режимами резания к промышленным условиям / Е. М. Фролов, А. В. Рогачев, В. Г. Фадеев, С. С. Семеняка // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 1 (248) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2021. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 38–41.

5. Крайнев, Д. В. Formation of the Surface Layer Properties in Edge Cutting Machining of Stainless and Heat-Resistant Steels / Д. В. Крайнев, Е. М. Фролов, П. А. Норченко // Materials Science Forum. - 2019. - Vol. 973 : IX Int. Sci. and Techn. Conf. on Engineering – Innovation Technol. in Eng.: From Design to Production of Competitive Products (Volgograd, Sept. 2017) : Proc. / eds. A. Suslov, V. Lysak, Ju. Chigirinskiy [et al.] ; Volgograd St. Techn. Univ. - С. Р. 56-60.

6. П. м. 215025 Российская Федерация, МПК B23B 29/04, B23Q 17/09 Динамометрическая оправка / Е. М. Фролов, Ж. С. Тихонова, Д. В. Крайнев, Д. С. Субботин, С. П. Фильчагин; ФГБОУ ВО ВолгГТУ. – 2022.

7. П. м. 214009 Российская Федерация, МПК B23B 29/04, B23Q 17/09 Динамометрическая оправка / Е. М. Фролов, Ж. С. Тихонова, Д. В. Крайнев, Д. С. Субботин, И. К. Демченко ; ФГБОУ ВО ВолгГТУ. – 2022.

8. П. м. 214152 Российская Федерация, МПК B23B 29/04, B23Q 17/09 Динамометрическая оправка / Е. М. Фролов, Ж. С. Тихонова, Д. В. Крайнев, Д. С. Субботин ; ФГБОУ ВО ВолгГТУ. – 2022.