

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.941

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-7-11

А. А. Жданов, Е. М. Фролов, Д. П. Линьков, А. Г. Минаева

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК ПРИ ТОНКОМ ТОЧЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОТС

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: alex_128@mail.ru

В работе произведен анализ влияния смазывающе-охлаждающих жидкостей на показатели шероховатости при тонком точении стальных заготовок твердосплавными резцами на станке с ЧПУ путем сравнения экспериментальных данных.

Ключевые слова: термоЭДС, смазывающе-охлаждающие жидкости, СОТС, стойкость инструмента, режимы резания, шероховатость, точение.

A. A. Zhdanov, E. M. Frolov, D. P. Linkov, A. G. Minaeva

PREDICTION OF SURFACE ROUGHNESS INDICATORS OF STEEL BILLETS DURING FINE TURNING USING SOTS

Volgograd State Technical University

The work analyzed the influence of cutting fluids on roughness indicators during fine turning of steel workpieces with carbide cutters on a CNC machine by comparing experimental data.

Keywords: thermoEMF, lubricating and cooling fluids, COTS, tool life, cutting conditions, roughness, turning.

Применение смазочно-охлаждающих технических средств (СОТС) в процессе резания на станках с числовым программным управлением играет важную роль, обеспечивая не только эффективное охлаждение режущего инструмента, но и способствуя удалению стружки из зоны обработки во избежание ее наматывания или скопления на рабочих органах станка. Это особенно актуально в условиях многостаночного обслуживания и при использовании высокоскоростных режимов резания твердосплавным инструментом. Кроме того, использование СОТС положительно влияет на качество обработанной поверхности, снижает износ инструмента и затраты энергии, а также предотвращает образование трещин в твердосплавных пластинах, продлевая срок службы инструмента. В целом, применение СОТС в технологическом процессе обработки материалов на станках с ЧПУ является необходимым условием для обеспечения высокой точности, произ-

водительности и экономической эффективности производства [1].

Ключевой проблемой, показывающей влияние смазывающих-охлаждающих жидкостей является отсутствие рекомендуемой литературы (справочника), отсутствием адекватных рекомендаций и математических моделей расчета и прогнозирования параметров шероховатости для токарной обработки с СОТС.

Целью исследования является анализ и проверка возможности применения известной методики прогнозирования параметров шероховатости поверхности (R_a , R_z) при токарной обработке твердосплавными резцами стальных заготовок с применением СОТС и без нее.

Для проведения экспериментальной части использовалась экспериментальная установка на базе токарно-револьверного станка с ЧПУ GENOS OKUMA – L300M (рис. 1). Станок оснащен прототипом устройства для автоматизированного назначения режимов обработки.

Для автоматизации процесса измерения термоЭДС и корректировки режимов резания был использован прототип устройства который состоит из следующих компонентов: микро-

контроллера ArduinoNano, платы расширения, модуля аналогово-цифрового преобразователя, платы преобразователя сигналов, источника питания; интерфейсного кабеля.



Рис. 1. Токарно-револьверный станок с ЧПУ GENOS OKUMA – L300M

Микроконтроллер (рис. 2) подключается к плате расширения, куда присоединяется модуль аналогово-цифрового преобразователя, формирующий цепь для измерения ЭДС резания, а также модуль преобразователя сигналов

на базе микросхемы MAX3232 для конвертирования уровня сигналов, толерантных микроконтроллера, в сигналы, обрабатываемые станком. Для соединения станка и устройства используется интерфейсный кабель [2].

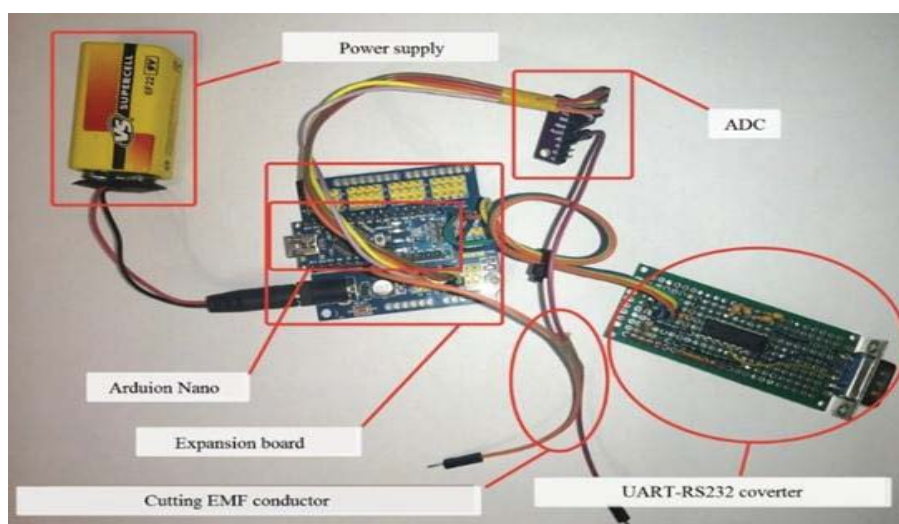


Рис. 2. Схема устройства для автоматизированного назначения режимов обработки на токарном станке с ЧПУ GENOS OKUMA– L300M

Тарировка пластин прошла по следующему алгоритму:

1. Нумерация пластин и поверхностей каждой пластины.

2. Измерение значения термоЭДС на каждой поверхности каждой пластины при одинаковых параметрах резания (Скорость резания $v = 150$ м/мин; 175 м/мин; 200м/мин. Подача

$S = 0,05; 0,09; 0,14$ мм/об. Глубина $t = 0,1$ мм.). Результаты измерений сохраняются в виде текстовых файлов (устройство для автоматизированного выбора параметров обработки позволяет измерять значение термоЭДС и сохранять результаты измерений).

3. Анализ результатов измерений (определение значения стабильного сигнала термоэлектродвижущей силы для каждой поверхности каждой пластины, установление диапазона изменений термоэлектродвижущей силы между поверхностями и пластинами, упорядочивание пластин по величине термоэлектродвижущей силы).

4. Выбор пластин для изучения по граничным точкам диапазона термоэлектродвижущей силы (минимум, максимум, среднее значение диапазона).

Для дальнейших исследований после процедуры тарировки передаются пластины, которые имеют только порядковый номер граней и пластин.

В качестве обрабатываемого материала был выбран материал – сталь 40Х. Заготовка – прокат.

Таблица 1

Матрица экспериментов для построения регрессионных моделей зависимости параметров шероховатости

№	Факторы	
	v , м/мин	S , мм/об
1	150	0,05
2	175	0,09
3	200	0,14

Производилась обработка в режиме тонкого точения, при этом осуществлялся перебор выбранных факторов (скорости резания, подачи, термоЭДС), чтобы получить 27 точек для построения регрессионных моделей для случаев обработки с СОЖ и без СОЖ.

Материал пластин: VNMG 160404-SF. Форма: ромбовидная.

Параметры шероховатости производилось с использованием профилометра MITUTOYO SJ-210 (рис. 3).



Рис. 3. Профилометр MITUTOYO SJ-210

В результате экспериментальных исследований были получены результаты измерений параметра шероховатости R_a , R_z при тонком продольном точении с СОЖ и без СОЖ.

Таблица 2

Анализ значимости факторов при построении регрессионных моделей: линейной, степенной, показательной – для случая обработки с СОЖ

Модель		Значимость факторов (норм. регрессия)			
		Φ_0	$E_{пр}$, мВ	V , м/мин	S , мм/об
1	Линейная, все факторы	-0,309	2,149	0,047	0,438
2	Линейная, значимые факторы	-0,309	2,149	0,047	0,438
3	Степенная, все факторы	-0,100	1,842	-0,045	0,357
4	Степенная, значимые факторы	-0,100	1,842	-0,045	0,357
5	Показательная, все факторы	-0,100	2,131	-0,002	0,393
6	Показательная, значимые факторы	-0,100	2,131	–	0,393

В табл. 2 приведен анализ факторов для обработки с использованием СОЖ. В ней, Φ_0 – статистический коэффициент, показывающий влияние постоянных и неучтенных факторов. $E_{пр}$ – геометрические параметры режущего инстру-

мента. Данная составляющая учитывается величиной термоЭДС, которая выступает некоторым комплексным индикатором, учитывающим и теплофизические, и геометрические свойства инструмента. V , S – скорость и подача участвующей

щая в процессе резания. Из табл. 2 становится ясно, что скорость резания, является наименее значимым фактором, который для показательной модели вообще можно не учитывать.

$$R = C_0 + \sum_{i=1}^N \Phi_i \cdot C_i$$

Формула 1. Вид линейной модели.

$$R = C_0 \cdot \prod_{i=1}^N \Phi_i^{C_i}$$

Формула 2. Вид степенной модели.

$$R = C_0 \cdot \prod_{i=1}^N C_i^{\Phi_i}$$

Формула 3. Вид показательной модели.

Таблица 3

**Анализ значимости факторов при построении регрессионных моделей:
линейной, степенной, показательной – для случая обработки без СОЖ**

Модель		Значимость факторов (норм. регрессия)			
		Φ_0	$E_{пр}$, мВ	V , м/мин	S , мм/об
1	Линейная, все факторы	-0,137	0,002	0,351	-1,545
2	Линейная, значимые факторы	-0,137	0,000	0,351	-1,545
3	Степенная, все факторы	0,065	-0,053	0,290	-1,491
4	Степенная, значимые факторы	0,065	-0,053	0,290	-1,491
5	Показательная, все факторы	0,044	-0,079	0,270	-1,692
6	Показательная, значимые факторы	0,044	-0,079	0,270	-1,692

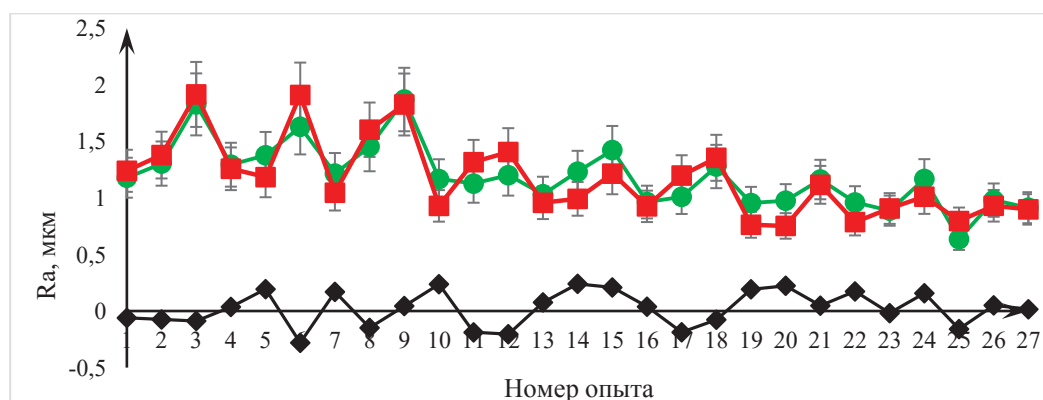


Рис. 4. Сравнение экспериментальных данных по измерению параметра Ra при тонком продольном точении с применением СОЖ и без

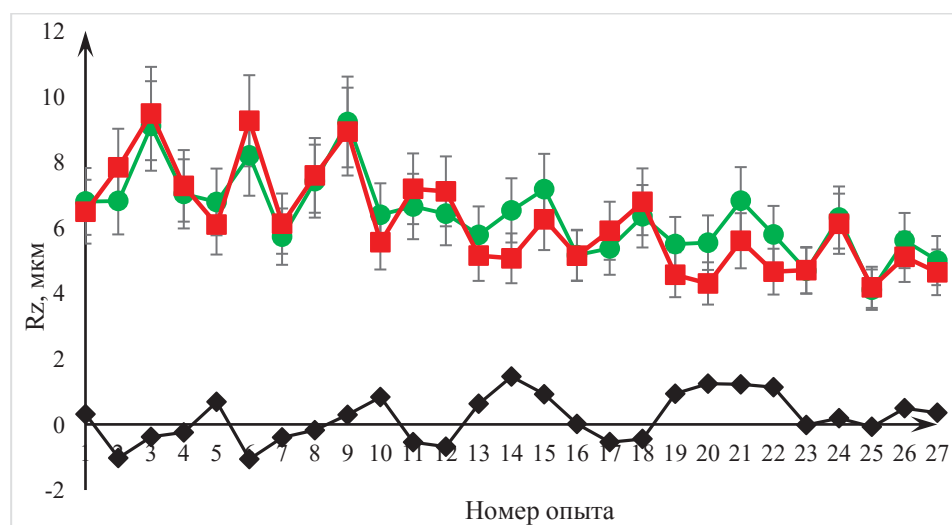


Рис. 5. Сравнение экспериментальных данных по измерению параметра Rz при тонком продольном точении с применением СОЖ и без

Каждая точка на регрессионном анализе была проверена 3 раза по критерию Стьюдента.

Таким образом, в результате эксперимента было обнаружено, что при тонком токарной обработке значительное влияние на качество поверхности в отношении параметров Ra и Rz применение смазочно-охлаждающих технических средств не оказывает. Следовательно, имеющиеся модели прогнозирования характеристик шероховатости можно применять и при работе со смазочно-охлаждающими техническими средствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фещенко, В. Н.* Обработка на токарно-револьверных станках : учеб. для ПТУ. – 2-е изд., перераб. и доп. / В. Н. Фещенко. – М. : Высш. шк., 1989. – 256 с.
2. *Рогачев, А. В.* Прототип устройства автоматического назначения режимов резания / А. В. Рогачев // Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета : тез. докл., Волгоград, 25–29 апреля 2022 года / Редколлегия: С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2022. – С. 26–27.
3. *Сахби, З.* Влияние СОТС на силы резания и шероховатость обработанной поверхности при токарной обработке труднообрабатываемых материалов / З. Сахби, В. А. Богуславский, В. П. Демин // Машиностроение и техносфера XXI века : сб. тр. XVI междунар. науч.-техн. конф. В 4 т., Севастополь, 14–19 сентября 2009 года. Том 3. – Севастополь : Донецкий национальный технический университет, 2009. – С. 102–104.

4. *Кисель, А. Г.* Оценка технологической эффективности смазочно-охлаждающих жидкостей при лезвийной обработке / А. Г. Кисель, Д. С. Реченко // Механика XXI веку. – 2013. – № 12. – С. 160–161.

5. *Леонов, С. Л.* Прогнозирование шероховатости при токарной обработке поверхности под нанесение покрытий / С. Л. Леонов, Е. Ю. Татаркин // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2009. – № 1(42). – С. 28–30.

6. *Сергеев, А. С.* Математическая модель формирования шероховатости поверхности при точении сталей на основе оперативного сигнала термоЭДС / А. С. Сергеев, Н. Г. Зайцева, А. Л. Плотников // Обработка металлов. – 2012. – № 3. – С. 20–23.

7. *Сергеев, А. С.* Разработка математических моделей расчета параметров шероховатости при обработке деталей на токарных и фрезерных станках с ЧПУ / А. С. Сергеев // Поколение будущего: взгляд молодых ученых : матер. междунар. молодежной науч. конф. (14–20 нояб. 2012 г.). В 3 т. Т. 3: Прогрессивные технологии и процессы. Энергетика и энергосбережение. Нанотехнологии и наноматериалы / Юго-Западный гос. ун-т [и др.]. – Курск, 2012. – С. 160–163.

8. Анализ способов оценки влияния СОТС на стойкость твердосплавного инструмента и другие параметры процесса резания / А. А. Жданов, Ж. С. Тихонова, Д. А. Сницар, И. И. Ижбердеев // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 3 (262) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2022. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 7–10.

9. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

10. Режимы резания металлов. Справочник / под ред. Ю. В. Барановского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 407 с.