

А. А. Жданов¹, Е. М. Фролов¹, А. В. Рогачев¹, Р. М. Амхадов²

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕД НА СТОЙКОСТЬ И ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ТОЧЕНИИ

¹ **Волгоградский государственный технический университет**

² **Московский государственный технический университет «СТАНКИН»**

E-mail: alex_128@mail.ru, eltar1983@yandex.ru, alexsandrogachev@ya.ru, Sarmak55555@mail.ru

В рамках современных предприятий применение СОТС является повсеместным. Смазочные материалы оказывают значительное положительное влияние на процессы резания. Они повышают качество всего процесса металлообработки: уменьшают износ режущего инструмента, повышают качество обработанной поверхности и снижают затраты энергии, а также препятствуют образованию нароста у режущей кромки инструмента и способствуют удалению стружки и абразивных частиц из зоны резания. Одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность работы машиностроительных предприятия различной направленности, является правильный выбор и использование в производстве СОТС. В связи с этим целью работы являлось построение диаграмм влияния СОТС на износ инструмента и шероховатость обработанной поверхности и проведение сравнительного анализа различных СОТС.

Ключевые слова: смазывающе-охлаждающие жидкости, стойкость инструмента, шероховатость поверхности, режимы резания, термоЭДС

A. A. Zhdanov¹, E. M. Frolov¹, A. V. Rogachev¹, R. M. Amhadov²

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF CUTTING FLUIDS ON THE DURABILITY AND ROUGHNESS DURING TURNING

¹ Volgograd State Technical University

² Moscow State Technical University «STANKIN»

Within the framework of modern enterprises, the use of cutting fluids (coolant) is ubiquitous. Lubricants have a significant positive effect on cutting processes. They improve the quality of the entire metalworking process: they reduce wear of the cutting tool, improve the quality of the finished surface and reduce energy costs, as well as prevent build-up at the cutting edge of the tool and help to remove chips and abrasive particles from the cutting area. One of the key factors influencing the efficiency of machine-building enterprises of various orientations is the correct choice and use of SOTS in production. In this regard, the purpose of the work was to build diagrams of the effect of HFO on tool wear and roughness of the treated surface, and to conduct a comparative analysis of various HFOs.

Keywords: cutting fluids, tool life, surface roughness, cutting conditions, thermal EMF

В рамках современных предприятий применение СОТС является повсеместным. Смазочные материалы оказывают значительное положительное влияние на процессы резания. Они повышают качество всего процесса металлообработки: уменьшают износ режущего инструмента, повышают качество обработанной поверхности и снижают затраты энергии, а также препятствуют образованию нароста у режущей кромки инструмента и способствуют удалению стружки и абразивных частиц из зоны резания. В связи с этим одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность работы машиностроительных предприятия различной направленности, является правильный выбор и использование в производстве СОТС. Однако в настоящий момент в теории резания существует пробел в области применения СОТС, из рассмотренных справочников только в двух имеются поправки на использование смазочно-охлаждающих технических средств и те представлены в виде понижающих коэффициентов при отсутствии выше указанных. На многих предприятиях существует мнение о том, что от выбора СОТС практически не зависит качество деталей и стойкость инструмента. Руководствуясь этим мнением в весь парк станков предприятия используется 1–2 вида СОТС вне зависимости от обрабатываемого материала. Данное мнение является ошибочным, что подтверждается результатами многочисленных исследований воздействия СОТС на процесс резания металлов [0; 0].

На сегодняшний день влияние СОТС при определенных условиях обработки слабо оценено или вовсе не учитывается в рассмотренных справочниках, по которым назначаются режимы резания на большом количестве предприятий России. Выбор СОТС, обеспечивающей максимально возможный срок службы ин-

струмента и наилучшую шероховатость при конкретных условиях обработки затруднен. В настоящее время для того, чтобы подобрать оптимальную СОТС необходимо провести ряд стойкостных испытаний, что является трудоемким и финансово затратным мероприятием. Целесообразной является разработка методики ускоренной оценки СОТС, которая позволит по результатам лабораторных испытаний анализировать период стойкости режущего инструмента с применением данной СОТС и на основе этих данных назначать оптимальные режимы резания для известной контактной пары инструмент-деталь по величине термоЭДС. Одним из основных функциональных действий СОТС, влияющих на период стойкости инструмента, является охлаждающее действие.

Традиционные машиностроительные справочники предлагают достаточно поверхностные и приблизительные оценки влияния СОТС на процесс резания. Сравнительные расчеты скорости и сил резания (таблица), проведенные с использованием справочной литературы для обработки стали 20, 40Х и 30ХНМА резцом с твердосплавной пластиной Т15К6 при одинаковых режимах резания ($S = 0,33$ мм/об, $t = 2$ мм), показали, что влияние СОТС на скорость резания учитывается в справочниках [0; 0], как коэффициент 0,75 и 0,80 к скорости резания (если СОТС не используется), при этом, влияние СОТС на силы резания не берется во внимание совсем.

В монографии профессора Плотникова [0] указано, что главной причиной неточности в определении допустимой скорости резания являются величины коэффициентов K_i и K_m , учитывающие свойства инструментального и обрабатываемого материалов соответственно, а также величина коэффициента C_v , зависящая от условий резания, определяемых, в частно-

сти, сочетанием свойств контактируемой пары «инструмент – изделие». Влияние же подачи и глубины резания на величину допустимой ско-

рости резания минимально ввиду малых значений самих величин S и t , характерных для чистовой и получистовой обработки.

Расчетные режимы резания стали 40X

Справочник авторов	Скорость резания V , м/мин		Силы резания P , Н					
			P_z		P_y		P_x	
	–	СОТС	–	СОТС	–	СОТС	–	СОТС
А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков	150	–	1402	–	521	–	643	–
Ю. В. Барановский	209	–	1060	–	–	–	–	–
М. Г. Шеметов, В. Ф. Безъязычный	147	–	830	–	–	–	–	–
В. И. Гузеев	113	151	–	–	373	–	357	–
В. И. Баранчиков	96	120	–	–	–	–	–	–

Все вышесказанное подводит нас к мысли о том, что исследование влияния СОТС на процессы резания необходимо проводить с учетом изменчивости свойств инструментального и обрабатываемого материалов в каждом отдельном случае. Одним из путей решения данной проблемы является предварительное диагностирование свойств контактной пары «инструмент – изделие».

В работе Gharaibeh'a [6] было рассмотрено изменение шероховатости при точении алюминиевого сплава АД-33 с применением различных по виду СОТС с различной их концентрацией в эмульсии. Разница между полученными значениями в рамках одного состава отличается в пределах 30 %, что говорит о незначительном влиянии СОТС на шероховатость.

В статье Чигиринского [7] приведены результаты исследования влияния СОТС на параметры R_a шероховатости поверхности. Были построены сравнительные графики для продольного точения без СОТС и с СОТС, которые приведены ниже, и проведен регрессионный анализ.

Материалы и методы

Исследования влияния СОТС на стойкость инструмента и шероховатость обработанной поверхности проводились на токарно-обрабатывающем центре OKUMA GENOS L300-M с прототипом устройства для автоматического назначения режимов обработки [8] на токарном станке с ЧПУ на основе анализа режущих свойств по значению термоЭДС пробного прохода. Инструментальным материалом служили твердосплавные пластины Korloy WNMG

080404-LP NC3225. Для оценки износа пластин применялся большой инструментальный микроскоп БМИ-1. Для обработки были отобраны заготовки $\varnothing 200$ из стали 40X.

Для обеспечения достоверности проведения стойкостных испытаний и сравнительных испытаний для измерения шероховатости предварительно тарированная выборка пластин была отсортирована на 3 группы включающих в себя по 10 пластин каждая. В каждой группе значимость различий средних значений по величине термоЭДС оценивалась по статистическим критериям Стьюдента и Фишера. Для проведения испытаний были отобраны пластины, значения термоЭДС которых соответствовало максимальному, среднему и минимальному в полученном диапазоне измеренных значений: № 2 Епр = 19,21 мВ (пластина 1), № 13 Епр = 15,69 мВ (пластина 2), № 24 Епр = 11,08 мВ (пластина 3).

Величина износа каждой пластины оценивалась путем измерения фаски износа до достижения величины 0,5 мм при обработке заготовки из стали 40X на следующих режимах: подача $S = 0,1$ мм/об; глубина резания $t = 1$ мм; скорость резания $v = 100$ м/мин; – в двух режимах – с СОТС и без СОТС. Для измерения износа использовался большой инструментальный микроскоп БМИ-1. Замеры шероховатости поверхности проводились при помощи профилометра Mitutoyo Surftest SJ-210.

Результаты исследования

В результате проведения стойкостных испытаний получены графики зависимости износа резца от времени (рис. 1, 2). Стойкостные испытания показали, что можно говорить о не-

котором коэффициенте пропорциональности $COTC$ и с $COTC$ (1,5...1,75 в рамках полученной выборки).

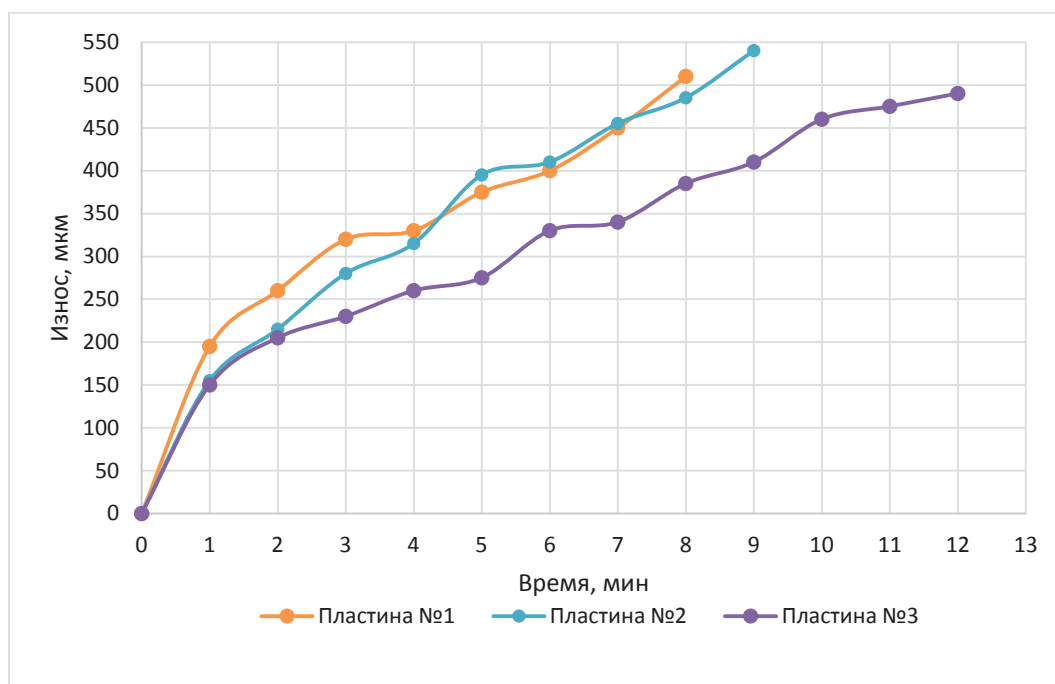


Рис. 1. Зависимость износа пластин при точении без $COTC$

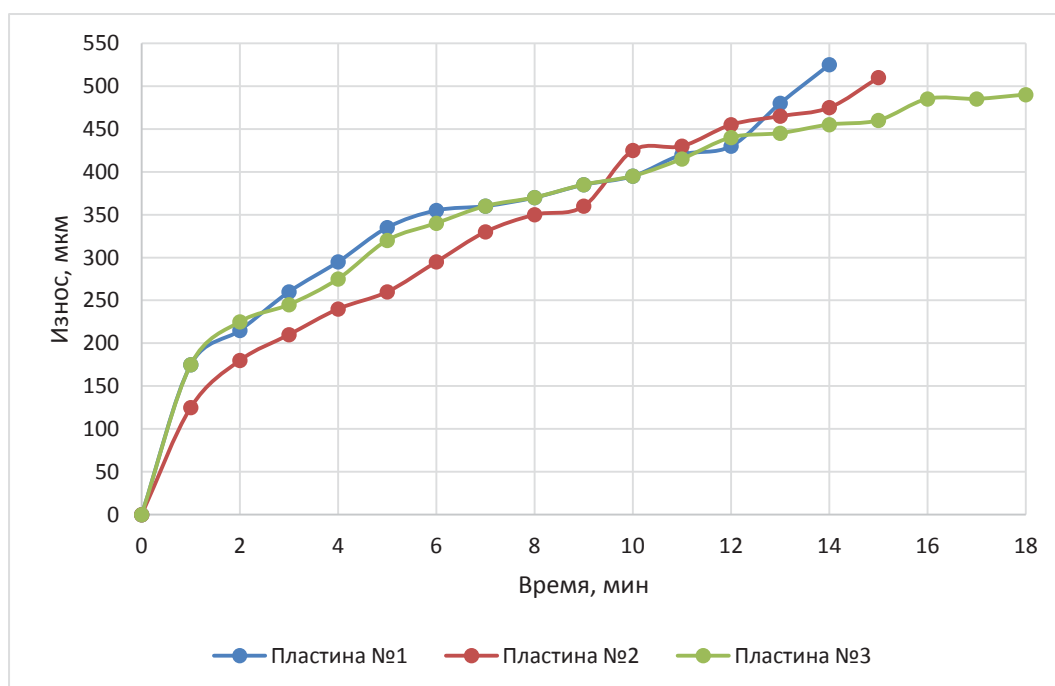


Рис. 2. Зависимость износа пластин при точении с $COTC$

Параметр термоЭДС можно использовать для построения регрессионных математических моделей для прогнозирования стойкости резца и назначения адекватных скоростей резания при токарной обработке с применением $COTC$,

однако для этого необходимы отдельные серии опытов. Необходимо отдельно анализировать влияние различных типов $COTC$ на параметр стойкости, а также провести аналогичные исследования на других группах сталей.

На основании проведенных экспериментов и построенных сравнительных графиков измерения шероховатости (рис. 3, 4) можно сделать вывод о том, что наличие СОТС в зоне резания и величина скорости резания оказывают не существенное влияние на значение параметров Ra

и Rz шероховатости поверхности обрабатываемой детали. В то время как геометрия режущего инструмента, учтенная величиной термоЭДС, является определяющим фактором в данной модели и оказывает существенное влияние на шероховатость.

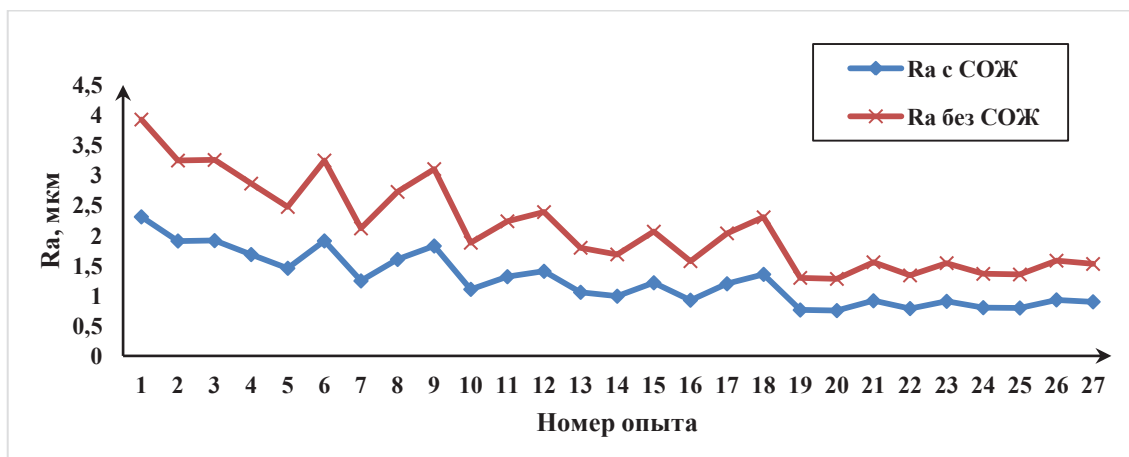


Рис. 3. Результаты измерения параметра шероховатости Ra при продольном тонком точении с СОТС и без СОТС

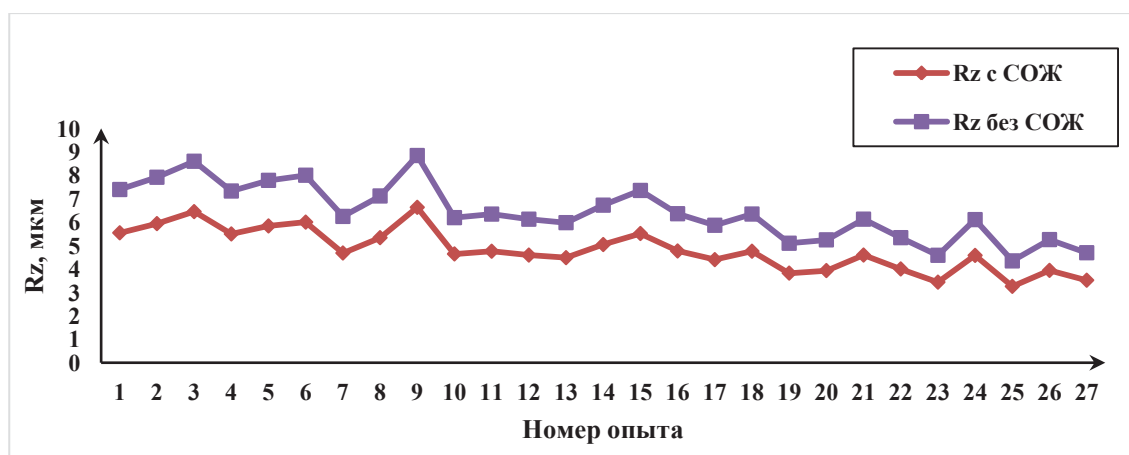


Рис. 4. Результаты измерения параметра шероховатости Rz при продольном тонком точении с СОТС и без СОТС

В качестве направления дальнейшего исследования предполагается проведение стойких испытаний твердосплавных пластин при полустойком точении, экспериментально оценить охлаждающее действие испытанных марок СОТС, исследовать возможности предварительной оценки (прогнозирования) стойкости пластин при механической обработке нержавеющих сталей с применением СОТС на основе использования различных диагностических индикаторов, таких как термоЭДС, микротвердость и т. д. Установить зависимость периода стойкости токарного инструмента от параметров охлаждающего действия СОТС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Adegbuyi. A. O., Lawal G., Oluseye O. Odunaiya Analysing the effect of cutting fluids on the mechanical properties of mild steel in a turning operation // American Journal Of Scientific And Industrial Research. 2010. No. 2(1). P. 1–10.
2. Lawal S. A., Ugheoke B. I., Woma T. Y., Ikporo J. U., Ogundare T. A., Nonye C., Okoye I. G. Effect of Emulsifier Content on the Properties of Vegetable Oil Based Cutting Fluid // American Journal of Materials Engineering and Technology. 2015. Vol. 3, no. 3. P. 63–69.
3. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / под ред. В. И. Гузеева. – М. : Машиностроение, 2005. – 368 с.
4. Справочник конструктора-инструментальщика / под ред. В. И. Баранчикова. – М. : Машиностроение, 1994. – 560 с.

5. Плотников, А. Л. Управление режимами резания на токарных станках с ЧПУ : монография / А. Л. Плотников, А. О. Таубе ; ВолгГТУ. – Волгоград : РПК «Политехник», 2003. – 184 с.

6. *Gharaibeh N.* Vegetable and Mineral Used Oils as Cutting Fluids: Effect on Surface Roughness of Aluminum Alloy // *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*. 2016. No. 6. P. 176–182.

7. Information Channel for Proactive Control of Machining Conditions: A Cyber-Physical System on the Basis of a CNC Machine / Ю.Л. Чигиринский, А.А. Жданов, Ж.С. Тихонова, А.В. Рогачев, Н.В. Чигиринская // *Creativity in Intelligent Technologies and Data Science : 5th International Conference CIT&DS 2023 (Volgograd, Russia, September 11-15, 2023) :*

Proceedings / eds.: A. G. Kravets, M. V. Shcherbakov, P. P. Groumpos ; Volgograd State Technical University [et al.]. – Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 274-287. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-44615-3_19. – (Book ser.: Communications in Computer and Information Science (CCIS) ; vol. 1909).

8. Фролов, Е. М. Интеллектуальное устройство автоматического назначения режимов точения / Е. М. Фролов, А. В. Рогачев // *Актуальные проблемы станкостроения – 2023 : сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Пенза, 1–3 июня 2023 г.) / под общ. ред. А. Е. Зверовщикова [и др.] ; Пензенский гос. университет, ОО «СтанкоМашСтрой» [и др.]. – Пенза, 2023. – С. 411–415.*