

Сравнительные исследования отечественного и импортного инструмента с целью импортозамещения

В. Ф. Макаров, М. В. Песин, Р. С. Абзаев

Проведены комплексные сравнительные исследования режущих пластин токарных резцов зарубежного и отечественного (КЗТС) производства на режимах чистового, получистового и чернового точения с использованием центра компьютерной диагностики. Установлено, что по большинству параметров режущий инструмент отечественного производства не уступает зарубежному инструменту и может быть рекомендован в качестве замены на различных машиностроительных предприятиях России.

Ключевые слова:

геометрия режущих пластинок, физические параметры, шум, вибрации, силы резания, шероховатость, сравнительная оценка

УДК 621.91 | ВАК 2.5.5

DOI: 10.22184/2499-9407.2022.29.4.20.29

Введение

Проблемы импортозамещения режущего инструмента на различных машиностроительных предприятиях и, прежде всего, на предприятиях авиационной, ракетно-космической и оборонной техники с каждым годом становятся все более актуальными. Большое значение имеет введение зарубежными странами экономических санкций, ограничивающих поставки импортного режущего инструмента (РИ). Эти поставки на большинстве российских машиностроительных предприятий составляют 80–90% объема РИ, необходимого для оснащения современных дорогостоящих импортных обрабатывающих центров и станков с ЧПУ. Поэтому рассмотрение проблем импортозамещения, нахождение путей и способов замены импортного РИ на полноценный отечественный инструмент является важной

актуальной задачей для российского машиностроения. К этим проблемам можно отнести следующие:

- велики затраты предприятий на режущий инструмент импортного производства, стоимость которого в 4–5 раз выше стоимости аналогичного отечественного;
- отсутствуют научно обоснованные предложения и рекомендации ученых и практиков по импортозамещению различных видов РИ;
- не разработаны современные экспериментальные методики ускоренного выбора эффективного инструмента для различного вида обработки широкого спектра материалов;
- существующие методики выбора режущего инструмента имеют значительные недостатки: большие

материальные и временные затраты, отсутствие полной объективной оценки эффективности работы РИ;

- введение очередных санкций на поставки импортного РИ может значительно затруднить работу машиностроительных предприятий в России.

Сегодня в мире существует множество компаний, занимающихся разработкой и поставкой твердосплавных РИ и связанных с ними приспособлений для механической обработки. Работоспособность таких инструментов различна. Компании утверждают, что пластины именно их производства обеспечат повышение производительности и эффективности производства, предлагая новые разнообразные продукты и услуги, которые сокращают время и затраты на изготовление деталей. Но до настоящего времени практически никто не проводил сравнительных исследований эффективности применения пластин различных производителей.

Сегодня в России имеется ряд инструментальных предприятий, выпускающих различные виды РИ, зачастую не уступающего импортному. Среди них нужно отметить Кировградский завод твердых сплавов, Серпуховский инструментальный завод «Гвинтос», ООО «Вириал» (Санкт-Петербург), Свердловский инструментальный завод, Томский инструментальный завод, «СКИФ-М» (Белгород), завод ТСМ (Ульяновск) и др. Однако большинство машиностроительных предприятий РФ ориентируются в основном на импортный инструмент, по их мнению, более качественный, надежный и стойкий.

В связи с этим, в стране проводятся многочисленные сравнительные испытания отечественного и импортного инструмента по различным методикам [1–5]. В результате проведенного анализа установлены следующие наиболее распространенные методики выбора лучшего режущего инструмента:

1. **Метод рейтинговых оценок** находит наибольшее применение на предприятиях и включает оценку надежности, цены, качества, условий платежа и т. п. Достоинства метода в том, что он прост, не требует сложных вычислений и большого количества времени. Недостатки метода в том, что он не дает возможность выбрать эффективный инструмент или сменные многогранные пластины (СМП) для какого-либо вида обработки.
2. **Метод определения эффективности СМП** по исследованию износа инструмента обычно осуществляется в лабораторных условиях на предприятиях или в учебных заведениях. Достоинства метода в том, что он достаточно прост – осуществляется на заранее выбранных режимах в процессе проведения обработки с лимитом по времени или количеству деталей, затем замеряется износ. За наиболее эффективную принимается СМП с наименьшим износом. Однако метод требует больших временных и материальных затрат [4].

3. **Метод измерения температуры в зоне резания** проводится обычно в лабораторных условиях. При обработке различными СМП фиксируется температура в зоне резания, наименьшая температура соответствует более эффективной СМП. Недостатки метода в том, что он достаточно сложен, продолжителен и не дает точной оценки эффективности при использовании СОЖ [5, 6].
4. **Метод определения эффективности СМП по силам и мощности резания** основан на том, что измеряются силы резания P_x , P_y , P_z и мощность резания. В результате эффективной является та СМП, у которой силы и мощность резания оказались наименьшими. Недостатком метода являются большие временные и материальные затраты при оценке влияния износа на рост сил резания [5, 6].
5. **Метод оценки процессов стружкообразования, стружкозавивания и стружколомания.** За наиболее эффективную принимается та СМП, которая обеспечивает более благоприятные условия стружкообразования на станках-автоматах и обрабатываемых центрах в условиях безлюдного производства [2, 5].

На основании сравнительного анализа различных методик установлено, что в связи с широким применением цифровых технологий при мехобработке, наиболее объективной представляется методика, основанная на сравнительной компьютерной диагностике таких физических параметров процесса резания, как сила резания, температура, шум, вибрации и мощность резания в зависимости от режима резания, материала и геометрии инструмента. Известно, что физические параметры процесса резания изменяются в процессе износа и разрушения РИ и могут служить косвенными показателями эффективности его работы. Экспериментально доказано, что наиболее высокую стойкость имеют пластины, создающие в зоне резания минимальные значения температуры резания, вибрации, шума резания, мощности и силы резания [7].

Методика сравнительных экспериментальных исследований

На кафедре ИТМ в ПНИПУ проведены сравнительные комплексные исследования влияния конструкции и марки материала режущих пластин (РП) ведущих зарубежных и отечественных производителей, при различных режимах на изменение физических параметров резания при точении конструкционных углеродистых и нержавеющей сталей [7, 8, 9]. Для сравнения были выбраны четыре наиболее известных зарубежных производителя РП для токарной обработки: Sandvik Coromant (Швеция), SECO (Швеция), Kennametal (США), Pramet (Чехия), а также Кировградский завод твердых сплавов КЗТС (Россия).

В экспериментальных исследованиях использовался специально разработанный в ПНИПУ компьютерный

центр диагностики процесса резания (рис. 1) [8]. В состав комплексного центра входят следующие измерительные элементы:

- 1 – динамометр УДМ 600 с тензометрическими датчиками по трем осям, обеспечивающий измерение составляющих силы резания P_z , P_x , P_y ;
- 2 – бесконтактный датчик температуры (пирометр), искусственные и естественные термопары, позволяющие проводить как дистанционное измерение температуры режущего инструмента, так и измерение ТЭДС в зоне контакта резца и заготовки;
- 3 – датчик стационарного контроля мощности, предназначенный для измерения активной мощности работающего оборудования;
- 4 – датчики вибрации ВД-03, предназначенные для измерения скорости и ускорения вибрации режущего инструмента;
- 5 – измеритель шума (электретный микрофон), предназначенный для измерения характеристик шума резания в процессе трения, деформации, сдвига и формирования элементов стружки;
- 6 – датчик фактических оборотов шпинделя станка;
- 7 – усилитель аналоговых сигналов из зоны резания;
- 8 – крейт (элемент конструктива, содержащий одну или несколько коммуникационных шин для информационного обмена между модулями), предназначенный для коммутации входных сигнальных линий, платы аналоговой фильтрации, выходных сигнальных линий, АЦП и обеспечения их электропитанием;
- 9 – плата аналоговой фильтрации, предназначенная для выделения диапазона частот, необходимого для оцифровки сигналов вибрации;
- 10 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП), предназначенный для преобразования аналоговых сигналов в цифровой вид;
- 11 – пульт управления системой регистрации и контроля параметров оборудования, включающий в себя персональный компьютер, который через АЦП производит регистрацию, анализ и обработку технических параметров оборудования.

Система регистрации и анализа сигналов представляет собой специально разработанную программу, которая выполняет регистрацию, обработку и оценку сигналов

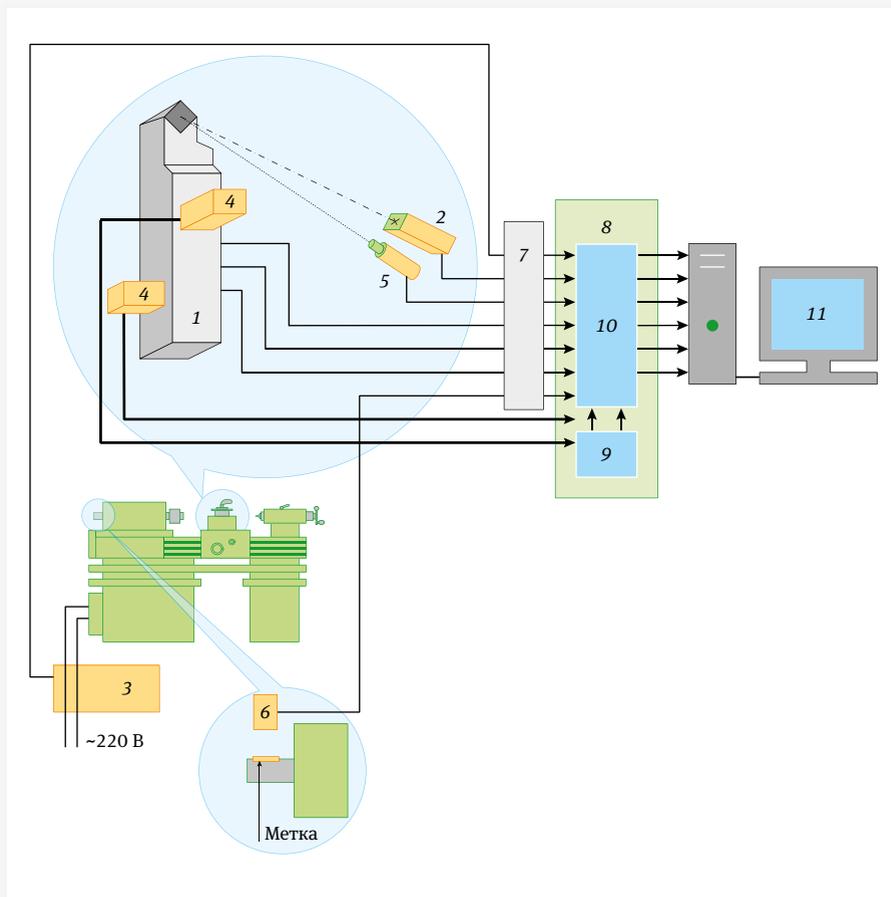


Рис. 1. Схема станда компьютерной диагностики процесса резания

от датчиков, с отображением одновременно всех восьми результатов исследований на мониторе для оповещения персонала (рис. 2).

Полученные цифровые данные по каждому физическому параметру резания обрабатывались с помощью специальной программы «Камертон» и представлялись на графиках в виде гистограмм.

На первом этапе исследований устанавливалась взаимосвязь между величиной износа РИ по задней грани и изменением основных физических параметров процесса резания: силы, температуры, шума, вибрации и мощности резания [8].

В результате исследований установлено, что увеличение износа режущего инструмента в пределах от 0,005 до 0,6 мм приводит к росту всех физических показателей процесса резания. Среди исследуемых физических параметров наиболее значимыми, напрямую зависящими от износа инструмента, оказались показатели шума и вибрации. Кроме того, получены эмпирические математические модели, устанавливающие зависимость исследуемых физических параметров от изменения режима резания: скорости, подачи и глубины резания.

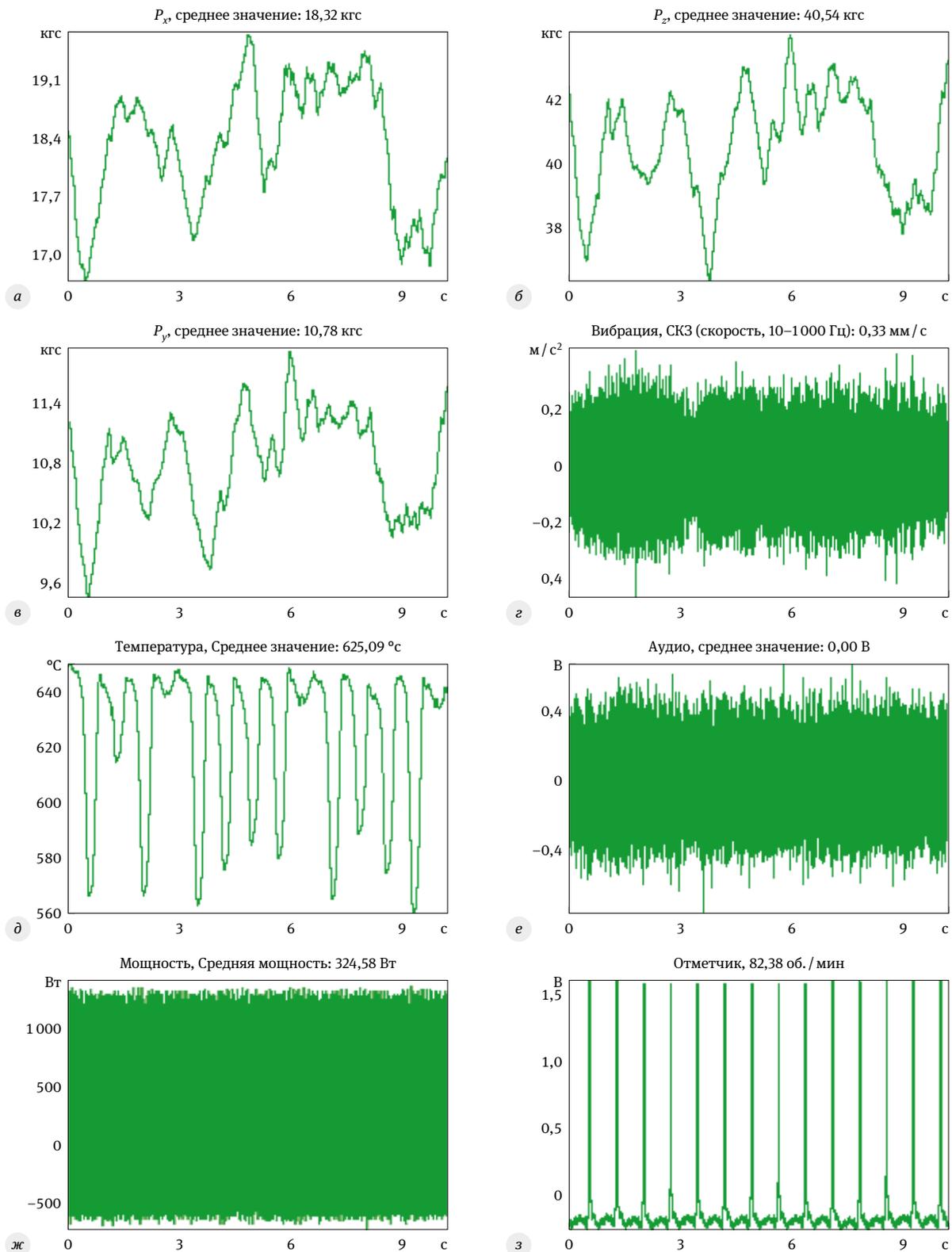


Рис. 2. Пример записи на мониторе изображения восьми выходных сигналов: P_x , P_z , P_y , скорость вибрации, температура, шум, мощность резания, фактические обороты шпинделя

Таблица 1. Осредненные режимы для сравнительных исследований физических параметров процесса резания

Вид обработки точением	Скорость резания V , м / мин	Подача S , мм / об	Глубина резания t , мм
Чистовая	410	0,25	1,0
Получистовая	314	0,35	2,5
Черновая	210	0,5	3,5

Сравнительные экспериментальные исследования режущих пластин различных производителей проводились при точении с использованием державки DCLNR 2525 M12 ($l_1 = 150$ мм, $l_2 = 32,1$ мм, $f = 32$ мм, $h = 25$ мм, $b = 25$ мм) на универсальном токарно-винторезном станке мод. 16К20.

В качестве обрабатываемых материалов для исследований были выбраны наиболее типичные материалы группы Р и группы М по стандарту ИСО, широко применяемые в машиностроении: углеродистая сталь 45 и нержавеющая сталь 30Х13. Обрабатывались заготовки диаметром 80 мм, длиной 350 мм с твердостью НВ 170. Длина рабочего хода инструмента: $L = 210$ мм; время обработки и записи данных по каждому варианту исследований составляло 40–50 с. Обработка проводилась без применения СОЖ.

На основании каталогов компаний [10] проведен анализ рекомендаций по выбору форм, геометрии и материала режущих пластин, а также анализ предложений по выбору режимов резания для чистовой, получистовой и черновой обработки точением. В результате анализа выбрана наиболее распространенная твердосплавная пластина формы С-ромбик 80° без заднего угла с длиной

режущих кромок 12 мм, толщиной 4,76 мм и радиусом 0,4 мм: CNMG 120404. Для чистовой, получистовой и черновой обработки указанных материалов каждый производитель применял твердый сплав собственной разработки, оригинальную конструкцию передней поверхности пластины: со своим стружколомом и покрытием. При выборе режимов резания все рекомендации, приведенные в каталогах, осреднялись для каждого вида обработки и назначались одинаковые средние значения скоростей, подач и глубин резания (табл. 1).

Результаты сравнительных экспериментальных исследований

Результаты обработки сравнительных данных эффективности работы режущих пластин производства Sandvik Coromant (Швеция), SECO (Швеция), Kennametal (США), Pramet (Чехия) и КЗТС по физическим параметрам резания заготовок из стали 30Х13 и Ст. 45 приведены в виде гистограмм (рис. 3–10).

Результаты сравнительных исследований при точении стали 30Х13

На рис. 3 приведены результаты сравнительных исследований ускорения вибрации при чистовом и черновом точении стали 30Х13 режущими пластинами различных производителей.

Можно отметить, что при чистовом и черновом точении стали 30Х13 пластина отечественного производителя КЗТС по уровню вибрации незначительно уступает пластинам Sandvik и Seco, однако находится на уровне пластин Kennametal, и даже имеет меньший уровень вибрации, чем пластина Pramet. Известно [5, 6], что снижение уровня вибрации способствует снижению износа, хрупкого разрушения и обеспечивает более высокую стойкость РИ.

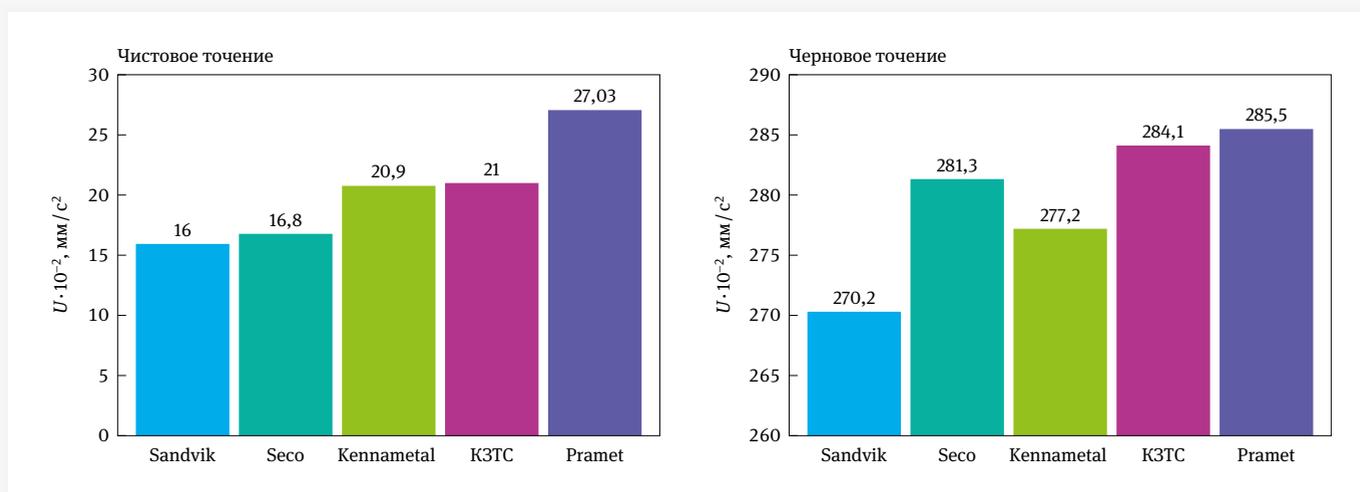


Рис. 3. Результаты сравнительных исследований изменений ускорения вибрации при резании стали 30Х13

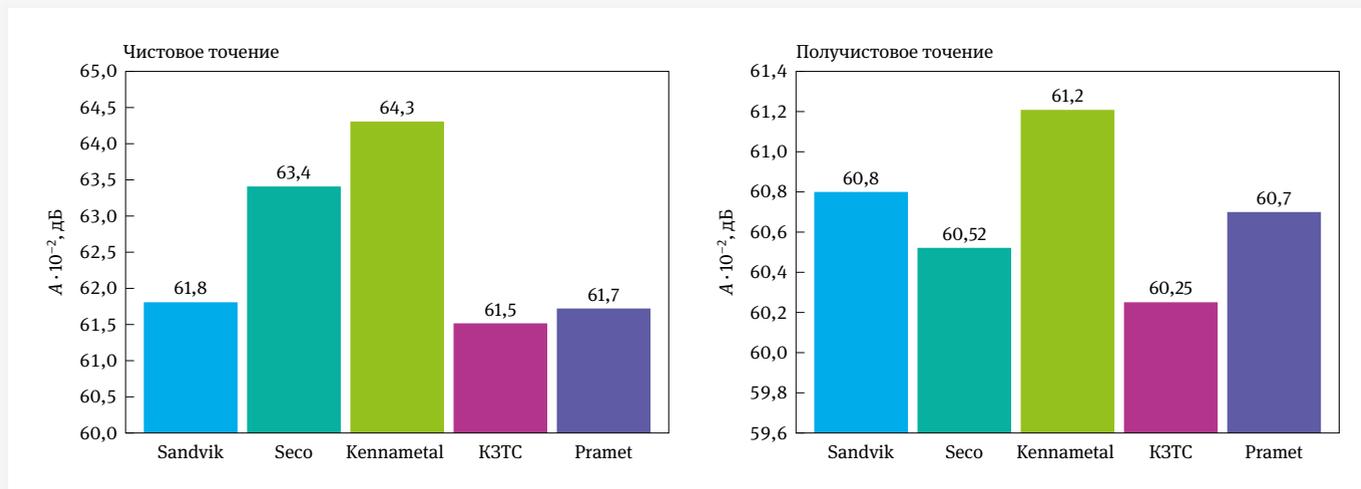


Рис. 4. Результаты сравнительных исследований шума резания при чистовом и получистовом точении стали 30X13

На рис. 4 приведены сравнительные результаты исследования шума резания режущими пластинами различных производителей при чистовом и получистовом точении.

Анализ показывает, что пластина K3TC при обработке стали 30X13 имеет меньший уровень шума, чем все исследуемые зарубежные пластины как при чистовой, так и при получистовой обработке. Известно [6], что уменьшение шума резания и акустической эмиссии в зоне резания свидетельствует о более благоприятном процессе стружкообразования, меньшей упругой и пластической деформации в зоне резания и меньшей величине трения на передней и задней поверхностях инструмента. В свою очередь эти факторы способствуют значительному снижению износа и повышению эффективности работы РИ.

На рис. 5 приведены результаты сравнительных исследований шероховатости Ra (мкм) поверхностей заготовок, обработанных режущими пластинами различных производителей при получистовом и черновом точении стали 30X13.

Отметим, что отечественные режущие пластины K3TC при черновой и получистовой обработке обеспечивают более благоприятный наименьший уровень шероховатости обработанной поверхности, также как и пластины Sandvik. Пластины других производителей имеют более высокий уровень шероховатости обработанной поверхности.

На рис. 6 представлены сравнительные данные по измерению составляющих силы резания P_x , P_y и P_z при получистовом точении стали 30X13 режущими пластинами различных производителей.

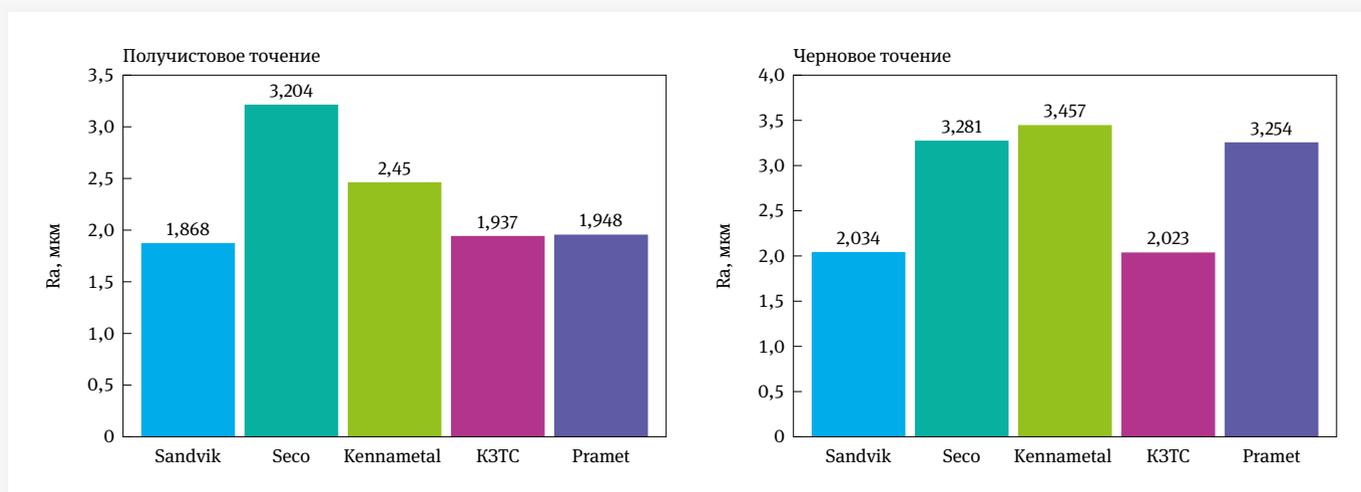


Рис. 5. Результаты сравнительных исследований шероховатости поверхностей заготовок Ra при получистовом и черновом точении стали 30X13

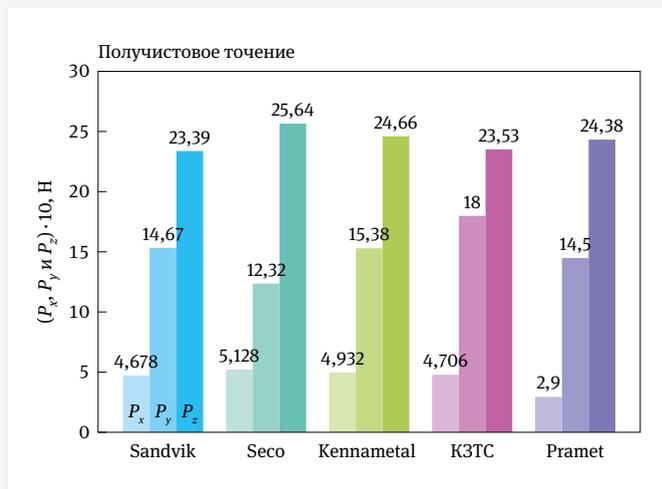


Рис. 6. Результаты сравнительных измерений составляющих силы резания P_x , P_y и P_z при получистовом точении стали 30X13

В результате сравнения данных установлено, что отечественные пластины КЗТС при получистовом точении стали 30X13 обеспечивают по величине P_z и P_y практически одинаковые результаты с пластиной Sandvik и снижение основной составляющей силы резания P_z на 5–10% по сравнению с пластинами Seco, Kennametal и Pramet. Известно [1, 2], что снижение сил резания способствует повышению износоустойчивости РИ. Аналогичные результаты по силам резания получены и при черновом точении.

На рис. 7 представлены сравнительные результаты измерения температуры резания методом естественной термопары по ТЭДС (мВ) при получистовом точении стали 30X13

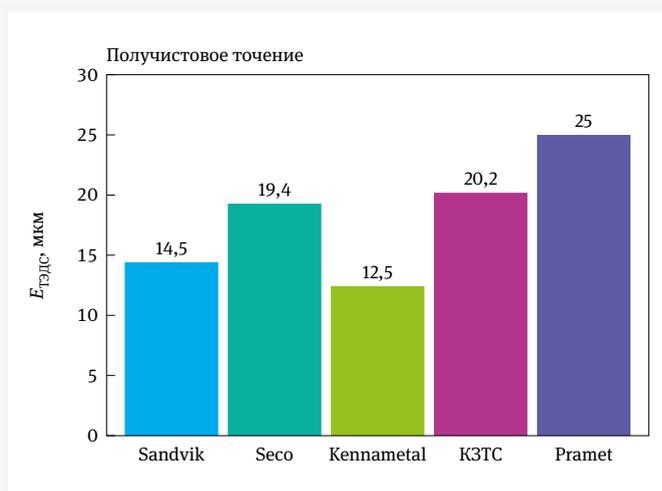


Рис. 7. Сравнительные результаты измерения температуры резания методом естественной термопары по ТЭДС (мВ) при получистовом точении стали 30X13

30X13 пластинами различных производителей. В результате сравнения данных установлено, что отечественные пластины КЗТС при получистовом точении стали 20X13 имеют более высокую температуру резания по сравнению с пластинами Sandvik и Kennametal, сравнимую с пластинами Seco, но меньшую температуру резания, вызываемую пластинами Pramet.

Результаты сравнительных исследований при точении стали 45

Аналогичные комплексные сравнительные исследования проведены и при обработке стали 45 режущими пластинами различных производителей. На рис. 8 приведены результаты сравнительных исследований скорости вибрации при получистовом точении стали 45.

Анализ сравнительных данных показывает, что при получистовом точении стали 45 пластины отечественного производителя КЗТС по уровню вибрации находятся на уровне с зарубежными пластинами Sandvik, Pramet и Kennametal и даже имеют в три раза меньший уровень вибрации, чем пластины Seco. Известно [6], что снижение уровня вибрации способствует снижению износа, хрупкого разрушения и обеспечивает более высокую стойкость РИ.

На рис. 9. приведены результаты сравнительных исследований шума резания режущими пластинами различных производителей при получистовом точении стали 45.

Анализ сравнительных данных показывает, что пластины КЗТС при получистовой обработке стали 45 имеют одинаковый уровень шума резания с пластинами Sandvik и Kennametal и ниже уровня шума резания, вызываемого пластинами фирм Seco и Pramet. Известно [6], что уменьшение шума резания и акустической эмиссии в зоне резания

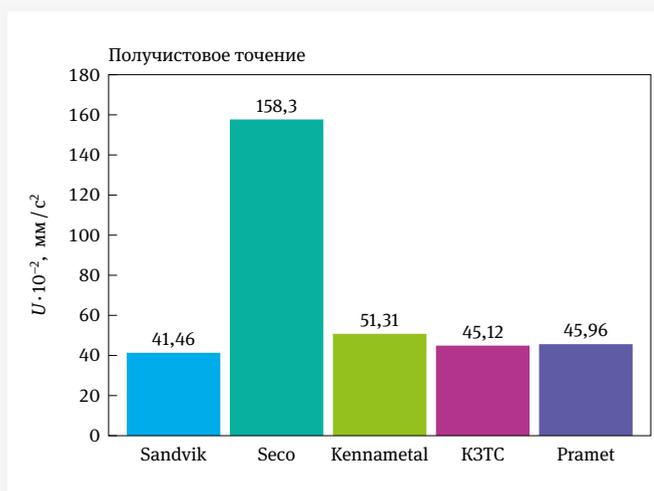


Рис. 8. Результаты сравнительных исследований ускорения вибрации при получистовом точении стали 45

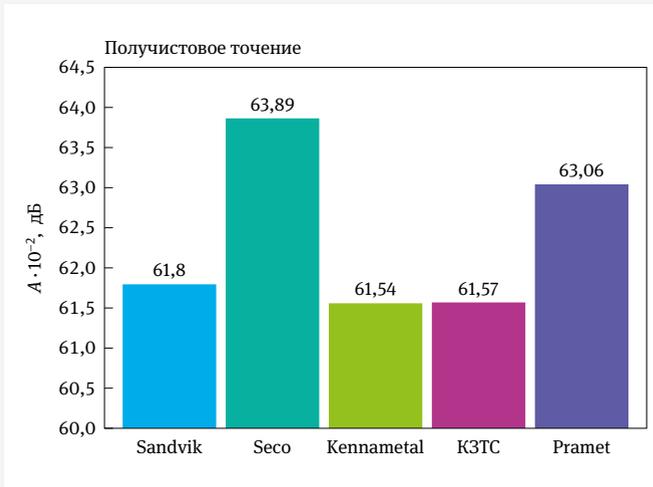


Рис. 9. результаты сравнительных исследований шума резания режущими пластинами при получистовом точении стали 45

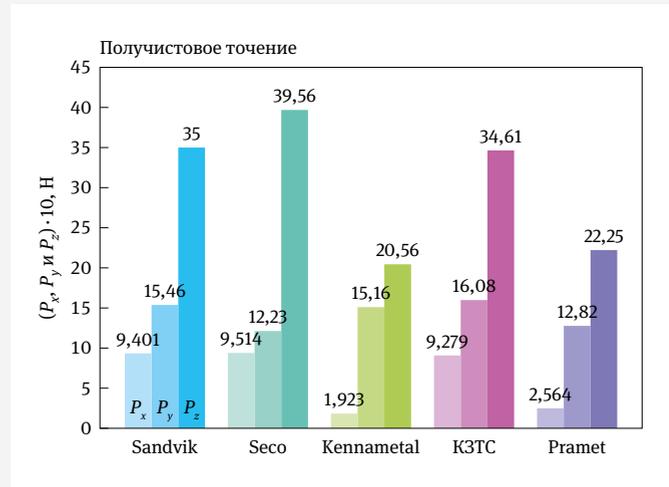


Рис. 10. Результаты сравнительных измерений составляющих силы резания P_x , P_y и P_z при получистовом точении стали 45

свидетельствует о более благоприятном процессе стружкообразования, меньшей упругой и пластической деформации в зоне резания и меньшей величине трения на передней и задней поверхностях инструментов. В свою очередь эти факторы способствуют значительному снижению износа и повышению эффективности работы РИ.

На рис. 10 представлены результаты сравнительных измерений составляющих силы резания P_x , P_y и P_z при получистовом точении стали 45. Установлено, что отечественные пластины КЗТС при получистовом точении стали 45 обеспечивают снижение основной составляющей силы резания P_z по сравнению с пластинами Sandvik и Seco, но превышают значения P_z при обработке пластинами Kennametal и Pramet. Снижение действия силового фактора процесса резания при применении отечественных пластин КЗТС является важным показателем преимуществ в снижении износа и повышения стойкости пластин.

На рис. 11 приведены результаты сравнительных исследований шероховатости R_a (мкм) поверхностей заготовок при чистовом точении стали 45.

Анализ показывает, что отечественные режущие пластины КЗТС при чистовой обработке обеспечивают наименьший уровень шероховатости обработанной поверхности, чем пластины зарубежных фирм Sandvik, Seco, Pramet. Эти результаты свидетельствуют о большей эффективности применения отечественных режущих пластин при чистовой обработке деталей из стали 45.

Обсуждение результатов исследований 45

Результаты сравнительных экспериментальных исследований физических и качественных параметров процессов точения стальных заготовок зарубежными и отечественными режущими пластинами оценивались по пятибалльной

системе (по каждому исследуемому параметру определялось занятое место среди конкурентов и определялась общая сумма занятых мест при чистовом, получистовом и черновом точении). Результаты расчетов приведены в табл. 2.

В результате анализа приведенных в табл. 2 данных можно сделать следующие выводы.

При чистовом точении стали 30Х13 режущие пластины отечественного производителя КЗТС по эффективности резания превосходили зарубежные режущие пластины PRAMET (Чехия) и SECO (Швеция), немного уступив Sandvik Coromant (Швеция), а при чистовом точении стали 45 отечественные пластины КЗТС обошли всех зарубежных конкурентов, заняв по эффективности резания первое место.

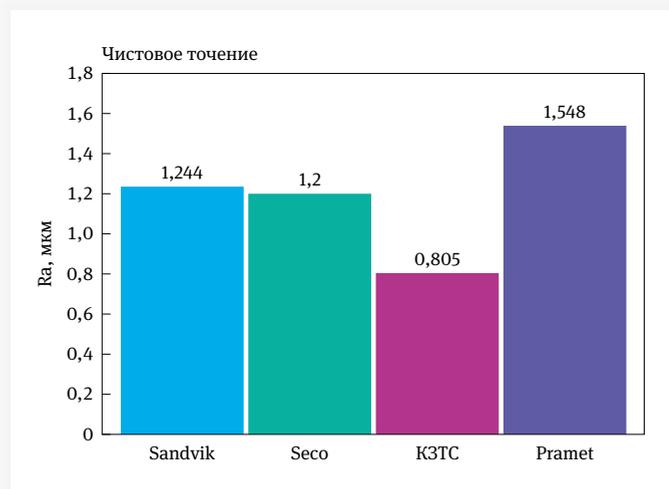


Рис. 11. Результаты сравнительных исследований шероховатости R_a (мкм) поверхностей заготовок при чистовом точении стали 45

При получистовом точении стали 30X13 режущие пластины отечественного производителя КЗТС по эффективности резания превзошли режущие пластины SECO, уступив пластинам Sandvik Coromant, Kennametal (США) и Pramet, а при получистовом точении стали 45 отечественные пластины КЗТС обошли зарубежных конкурентов SECO, Pramet, уступив Kennametal и сравнявшись по эффективности резания с Sandvik Coromant, разделив с ней второе и третье место.

При черновом точении стали 30X13 режущие пластины отечественного производителя КЗТС по эффективности резания превзошли режущие пластины Kennametal и Pramet, уступив SECO и Sandvik Coromant, а при черновом точении стали 45 отечественные пластины КЗТС обошли SECO, уступив Sandvik Coromant, Pramet и Kennametal.

Общие выводы

В результате проведенных сравнительных исследований эффективности резания отечественными и зарубежными режущими пластинами можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что абсолютного лидера среди рассмотренных производителей инструмента по эффективности резания стальных заготовок нет. Каждая компания может достигать отдельных успехов и терпеть отдельные неудачи при различных видах точения различных сталей.
2. На основе предварительных исследований установлено, что снижение величин физических параметров в зоне резания – составляющих силы резания, температуры, шума и вибрации свидетельствует о более благоприятных условиях протекания процесса стружкообразования, уменьшении деформационных процессов и сил трения, обеспечения лучшего качества поверхностного слоя (снижения шероховатости), а следовательно, обеспечивает уменьшение износа и повышение стойкости пластин.
3. Применение компьютерного центра диагностики процесса резания в ПНИПУ позволяет ускоренным методом выявить наиболее эффективные режущие инструменты при сравнительных испытаниях. Кроме этого, обязательным при внедрении новых технологических процессов и при замене импортного инструмента является дополнительное длительное производственное

Таблица 2. Результаты расчета суммарной эффективности процесса резания отечественными и зарубежными режущими пластинами

Вид точения	Производитель инструмента	Сумма баллов при обработке стали 30X13	Сумма баллов при обработке стали 45
Чистовое	Sandvik Coromant (Швеция)	10	13
	Seco (Швеция)	13	12
	КЗТС (Россия)	12	11
	Pramet (Чехия)	15	14
Получистовое	Sandvik Coromant (Швеция)	7	13
	Seco (Швеция)	21	25
	КЗТС (Россия)	18	13
	Kennametal (США)	14	10
	Pramet (Чехия)	16	14
Черновое	Sandvik Coromant (Швеция)	14	12
	Seco (Швеция)	9	19
	КЗТС (Россия)	15	18
	Kennametal (США)	16	12
	Pramet (Чехия)	17	16

испытание отобранных ускоренным методом рациональных СМП для оценки их фактической стойкости.

4. Установлено, что применение отечественных СМП Кировградского завода твердых сплавов (КЗТС) вместо импортных по параметрам качества обработанной поверхности, по физическим параметрам резания – силе и температуре резания, вибрации и шуму в зоне резания – не уступает зарубежным пластинам известных производителей, а иногда и превосходит их по режущим параметрам.

В связи с этим, отечественные режущие пластины КЗТС могут быть эффективно применены для замены импортного РИ, тем более что стоимость импортного инструмента в три-четыре раза превосходит стоимость отечественного.

Литература

1. **Безъязычный В. Ф., Фоменко Р.Н., Ятманова Т.Д.** Разработка экспериментального стенда для определения эффективных режимов механической обработки резанием // Научно-технические технологии на современном этапе развития

- машиностроения: материалы 8 МНТК 19–21 мая 2016 г. М.: Техполиграфцентр, 2016. С. 25–27.
2. **Козочкин М.П. и др.** Диагностика и сертификация металлорежущего оборудования: учебное пособие. М.: Инновационное машиностроение, 2017. 240 с.
 3. **Ингеманссон А. Р.** Повышение эффективности обработки резанием за счет адаптивного управления в цифровых производственных системах // Научные технологии в машиностроении. 2020. № 4. С. 39–48.
 4. **Козочкин М. П., Сабиров Ф. С.** Задачи технической диагностики при создании и эксплуатации технологического оборудования // Вестник УГАТУ. 2012. № 4. С. 98–104.
 5. **Михайлов С. В. и др.** Динамометрическая система ускоренного определения режущих свойств инструмента // Справочник. Инженерный журнал. 2015. № 1. С. 34–40.
 6. **Горелов В. А.** Автоматизированный многопараметровый стенд для экспресс-оптимизации режимов резания // Двигатель, 2006. № 5(47). С. 12–13.
 7. **Макаров В. Ф., Абзаев Р. С., Шохрин А. В.** Разработка комплексного компьютерного центра диагностики процесса резания // Сб. трудов IV Межд. Н.Т.К «Современные проблемы машиностроения. Томск», 2008. С. 609–613.
 8. **Макаров В. Ф., Абзаев Р. С.** Компьютерный центр диагностики процесса резания на станках с ЧПУ. Справочник. Инженерный журнал. 2013. № 6(195). С. 33–37.
 9. **Макаров В. Ф., Койнов И. И., Абзаев Р. С. Ширинкин В. В., Мешкас А. Е.** Особенности диагностики процесса резания при сверлении композиционных материалов. Научные технологии в машиностроении. 2016. № 12(66). М.: Машиностроение. С. 24–28.
 10. Каталоги зарубежных компаний Sandvik Coromant (Швеция), SECO (Швеция), Kennametal (США), Pramet (Чехия) и отечественного КЗТС.

Авторы

Макаров Владимир Федорович – доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой Инновационные технологии машиностроения ПНИПУ

Песин Михаил Владимирович – доктор технических наук, профессор, декан механико-технологического факультета ПНИПУ

Абзаев Ринат Саубанович – заведующий лабораторией резания, аспирант кафедры ИТМ ПНИПУ

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1 090 руб.

МЕХАНИЗМЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Под редакцией В. А. Глазунова, С. В. Хейло

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2022. – 296 с.
ISBN 978-5-94836-604-3

Данная монография является продолжением предыдущей работы «Новые механизмы в современной робототехнике». Представлены вопросы кинематики, динамики и управления такими системами. Кроме того, приведен обзор современных робототехнических систем для различных технических применений.

Представленные исследования проведены авторами различных организаций: ИМАШ РАН, ИКТИ РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана, РГУ им. А. Н. Косыгина, ЮЗГУ, МАИ, научно-производственной компанией «Шторм», компанией «Ассистирующие хирургические технологии».

Книга предназначена для научных работников, инженеров, аспирантов, студентов, занимающихся вопросами робототехники, теории механизмов и машин.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ knigi@technosphaera.ru, sales@technosphaera.ru