



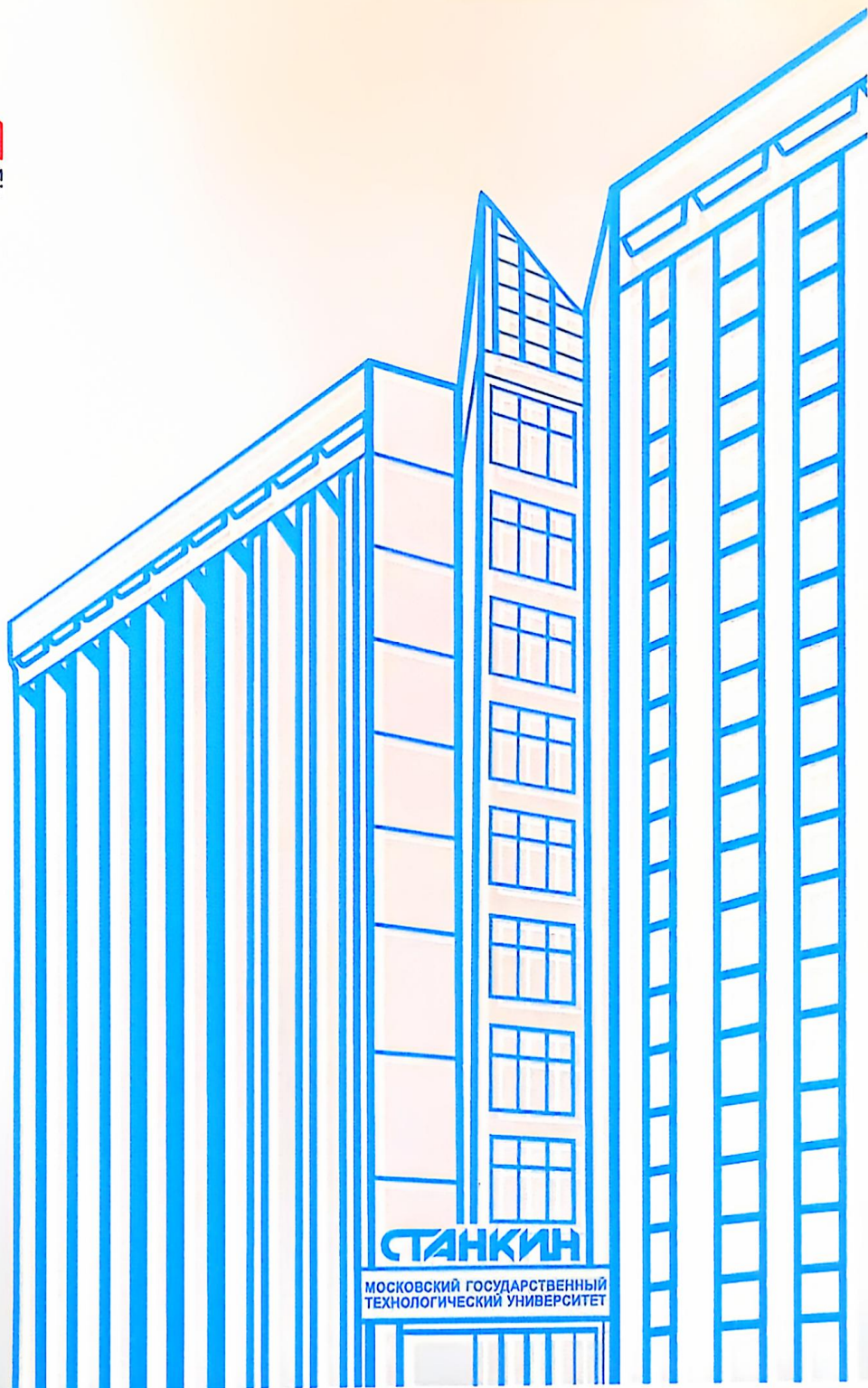
Роботы, мехатроника
и робототехнические
системы

Технология и оборудование
механической
и физико-технической
обработки

Технология
машиностроения

Технология и машины
обработки давлением

Автоматизация и управление
технологическими процессами
и производствами



ВЕСТНИК

НАУЧНЫЙ
РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ
ЖУРНАЛ

МГТУ «СТАНКИН»

С.В. Грубый

МГТУ им. Н.Э. Баумана

ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПО РЕЖУЩИМ СВОЙСТВАМ ИНСТРУМЕНТОВ

Кафедра «Инструментальная техника и технологии» является одной из старейших в МГТУ им. Н.Э. Баумана. За 95 лет своего существования на кафедре основаны и развиты методические и научные направления в своей предметной области. Исторический путь развития и основные библиографические источники кафедры представлены в статье заведующего кафедрой [1].

В 30-е годы были начаты, а в последующие годы продолжены и расширены фундаментальные исследования, создавшие научную основу школы резания металлов и режущих инструментов. Заведующим кафедрой профессором И.М. Беспрозванным создан фундаментальный цикл «Резание металлов», включающий лекции, лабораторный практикум, семинары и другие виды учебных занятий [2].

Инструментальная часть научно-методической школы кафедры начала складываться в 30–40-е годы и интенсивно развивалась до конца XX столетия. В 1932 году введен и прочитан курс лекций «Расчет и конструирование режущего инструмента». Особо выделяется фундаментальная работа профессора Г.И. Грановского «Кинематика резания», в которой дана научная классификация существующих и перспективных схем обработки резанием. К 25-летию кафедры и в последующие годы работами коллектива развиты научные направления по теории резания, конструированию, расчету и технологии изготовления режущих инструментов [3].

В 50–90-х годах двадцатого столетия основным направлением научной школы кафедры становятся исследования режущих свойств инструментов прогрессивных конструкций, оснащенных всеми видами инструментальных материалов, которые выполнены под единым методическим руководством заведующего кафедрой Г.И. Грановского. Результаты этих исследований отражены на многие десятилетия в учебном процессе [4]. Отдельные исследования по режущим свойствам инструментов осуществляли доценты Е.Д. Бякунов, Б.Д. Даниленко, Л.А. Рожественский, К.П. Панченко, Е.К. Зверев, В.П. По-

кровский, Е.В. Жихарев, А.Е. Древаль. Результаты выполненных исследований были использованы при разработке новых нормативов режимов резания по видам механической обработки.

Заведующий кафедрой профессор В.Н. Подураев, начиная с 1982 года, продолжил развитие предыдущих исследований и предложил новые научные и учебные направления, в том числе в области виброрезания, обработки труднообрабатываемых материалов, комбинированных методов, диагностики процессов резания и режущих инструментов методами акустической эмиссии.

Под руководством заведующего кафедрой профессора А.Е. Древаля было предложено и развито научное направление по надежности режущих инструментов.

На кафедре в конце 80-х годов под руководством профессора Н.Н. Зубкова сформировано новое направление в металлообработке – деформирующее резание (ДР), которое имеет свои отличительные особенности по геометрии режущей части инструмента и режущим свойствам, обрабатываемым материалам, режимным параметрам.

Проведенные исследования опирались на обширный экспериментальный материал, накопленный за десятилетия методической и научной работы коллектива кафедры. Опыты строились по классической однофакторной схеме, базовыми являлись экспериментальные кривые износа (параметры износа инструмента как функции времени). Регистрировали составляющие силы резания и крутящий момент с помощью динамометров различных конструкций, в том числе и кафедральных. Измеряли

температуру резания, регистрировали параметры качества обработанной поверхности. Исследованы свойства режущих инструментов из всех существующих инструментальных материалов на заготовках из широкой гаммы обрабатываемых материалов, в том числе труднообрабатываемых, коррозионно-стойких.

Для аппроксимации экспериментальных данных базовыми являлись степенные уравнения с введением поправочных коэффициентов на дополнительные факторы и переменные. Выявлены основные особенности режущих свойств инструментов: изменение показателя относительной стойкости, т.е. изменение наклона стойкостных прямых в логарифмических координатах; сложный немонотонный характер с наличием экстремумов в широком диапазоне скорости резания. Не удалось связать параметры степенных уравнений стойкости, силы, температуры непосредственно с характеристиками обрабатываемых материалов и параметрами сечения срезаемого слоя.

Для снижения погрешностей аппроксимации профессор Г.И. Грановский предложил использовать показательно-степенные уравнения и методы расчета их параметров. В последующем применено многофакторное планирование экспериментов, сочетание однофакторной и многофакторной схем проведения опытов, полиномиальные уравнения для аппроксимации результатов. Показана эффективность метода стохастической аппроксимации (МСА) для расчета коэффициентов полиномиальных уравнений, который не накладывает ограничений на число членов уравнения, количество и расположение опытных точек в многофакторном пространстве.

В последние годы заведующий кафедрой профессор С.В. Грубый в учебных и научных направлениях развивает расчетные методы показателей, характеризующих режущие свойства инструментов: силу, температуру, скорость изнашивания, износ, стойкость [5]. В качестве обобщенного параметра, характеризующего процесс изнашивания инструмента, предложено использовать отношение скорости резания к твердости изнашиваемой поверхности инструмента как функции температуры резания. Функционально скорость изнашивания связана с обобщенным параметром в виде степенных или полиномиальных уравнений для отдельных групп обрабатываемых материалов. Рассмотрены различные инструментальные твердые сплавы, в том числе с износостойкими покрытиями. Кривые износа рассчитаны численным интегрированием.

На основании расчетных кривых износа определены параметры степенных уравнений стойкости, скорости, составляющей силы и температуры резания для сборных твердосплавных резцов. Коэффициенты многофакторных полиномиальных уравнений рассчитаны по алгоритму МСА. Алгоритм и общая процедура расчета коэффициентов изложены, например, в учебнике [6]. Здесь же для вариантов пары «твердый сплав – обрабатываемый материал» токарной обработки сборными резцами приведены процедуры кодирования факторов, общий вид полиномиального уравнения, значения коэффициентов для уравнений: скорости изнашивания задней поверхности инструмента, тангенциальной составляющей силы, температуры резания. Уравнения отражают влияние переменных: скорости резания, глубины, подачи, износа инструмента.

Для фрезерования твердосплавными концевыми фрезами выполнен расчет сил, крутящего момента, скорости изнашивания задней поверхности зуба фрезы, износа и стойкости инструмента. По результатам анализа погрешностей аппроксимации установлено полиномиальное уравнение второго порядка со взаимодействиями переменных для расчета стойкости инструмента и крутящего момента. В качестве переменных приняты: диаметр фрезы, скорость резания, глубина фрезерования, подача, ширина фрезерования. Приведены процедуры кодирования переменных, общий вид полиномиального уравнения, значения коэффициентов для различных твердых сплавов, где в качестве материала заготовки рассмотрена коррозионно-стойкая сталь.

Методика для расчета показателей изнашивания, износа и стойкости рекомендована для сборных твердосплавных резцов, в том числе для смешных многогранных пластин с износостойкими покрытиями. Для аппроксимации твердости покрытия как функции температуры использованы линейные, полиномиальные уравнения и сплайны. Получены расчетные зависимости износа задней поверхности инструмента как функции времени обработки для заготовок из коррозионно-стойкой стали. Изучено влияние толщины покрытия, скорости резания, подачи инструмента. Расчетные стойкостные зависимости использованы для выбора режимных параметров обработки.

Научное направление по исследованию режущих свойств инструментов является основным и развивается в течение всей многолетней истории кафедры. Основными результатами этого направления являются количественные соотноше-

ния, характеризующие взаимосвязь стойкости, сил, температур, параметров качества с износом, геометрическими параметрами инструмента и режимными параметрами обработки. Методика расчета износа и стойкости рекомендована для выбора режимных параметров обработки и может быть распространена на различные виды и области применения твердосплавных инструментов.

Библиографический список

1. Грубый С.В. 95 лет научной школе резания металлов и режущих инструментов МГТУ им. Н.Э. Баумана // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2024. – № 6. – С. 3–11.
2. Беспрозванный И.М. Основы теории резания металлов. – М.: Mashgiz, 1948. – 391 с.
3. Грановский Г.И., Грудов П.П., Кривоухов В.А., Ларин М.Н., Малкин А.Я. Резание металлов. – М.: Mashgiz, 1954. – 472 с.
4. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. – М.: Высшая школа, 1985. – 304 с.
5. Грубый С.В. Расчет режимов резания для операций механической обработки: учебное пособие. – Москва – Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 200 с.

6. Грубый С.В. Математическое моделирование и оптимизация механической обработки: учебник. – Москва – Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 212 с.

References

1. Grubiy S.V. 95 years of the scientific school of metal cutting and cutting tools of the Bauman Moscow State Technical University. News of higher educational institutions. *Mechanical Engineering*, 2024, No. 6, pp. 3–11.
2. Besprozvanny I.M. Fundamentals of the theory of metal cutting. Moscow, Mashgiz Publishing House, 1948, 391 p.
3. Granovsky G.I., Grudov P.P., Krivoukhov V.A., Larin M.N., Malkin A.Ya. Metal cutting. Moscow, Mashgiz Publishing House, 1954, 472 p.
4. Granovsky G.I., Granovsky V.G. Metal cutting. Moscow, Higher School Publishing House, 1985, 304 p.
5. Grubiy S.V. Calculation of cutting modes for machining operations: a textbook. Moscow; Vologda, Infra-Engineering Publishing House, 2021, 200 p.
6. Grubiy S.V. Mathematical modeling and optimization of mechanical processing: textbook. Moscow; Vologda, Infra-Engineering Publishing House, 2022, 212 p.

Информация об авторе

Грубый Сергей Витальевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой МТ-2 «Инструментальная техника и технологии», МГТУ им. Н.Э. Баумана
grusv_16@bmstu.ru

Information about the author

Grubiy Sergei Vitalievich – D.Sc. of Engineering, professor, head of the department of MT-2 “Tools and Tooling Technology”, Bauman Moscow State Technical University
grusv_16@bmstu.ru