

7. Попов Л.Е., Пудан Л.Я., Колупаева С.Н. и др. Математическое моделирование пластической деформации. Томск. 1990.
8. Колупаева С.Н. и др. Неустойчивости пластической деформации кристаллов. Томск, 1994.
9. Старенченко В.А., Колупаева С.Н., Коцюрбенко А.В. // Зав. лаборатория. 1995. № 8. С. 28–35.
10. Старенченко В.А., Колупаева С.Н., Коцюрбенко А.В. // Металловедение и термическая обработка металлов. 1998. № 4. С. 9–12.
11. Онопченко Т.В., Колупаева С.Н., Старенченко В.А. // Физическая мезомеханика. 2000. № 6. С. 65–73.
12. Старенченко В.А. Экспериментальное исследование и математическое моделирование деформационного и термического упрочнения монокристаллов ГЦК чистых металлов и сплавов со сверхструктурой $L1_2$: Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Томск, 1991.
13. Абзаев Ю.А., Старенченко В.А., Конева Н.А., Козлов Э.В. // Изв. вузов. Физика. 1987. № 3. С. 65–70.
14. Козлов Э.В. и др. Новые методы в физике и механике деформируемого твердого тела. Томск, 1991.

УДК 539.4

В.Н. Козлов

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ КОНТАКТНЫХ НАГРУЗОК НА ПОВЕРХНОСТЯХ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Томский государственный педагогический университет

Расчет износостойких покрытий, оценка прочности инструмента требуют знания величины и характера распределения контактных нагрузок на поверхности инструмента. При резании труднообрабатываемых материалов, таких как титановые и жаропрочные сплавы, эта задача особенно актуальна в связи с интенсивным износом инструмента. В этих случаях инструмент изнашивается в основном по задней поверхности, что вызывает рост сил резания и увеличение вероятности разрушения режущей части инструмента [1].

Контактные нагрузки на рабочих поверхностях инструмента могут быть измерены тремя методами: поляризационно-оптическим, интерференционным и методом разрезного резца. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки. Поляризационно-оптический метод лишь моделирует процесс резания и не позволяет измерять контактные нагрузки при применении реальных инструментальных и обрабатываемых материалов. Интерференционный метод позволяет измерять нагрузки по картине полос на боковой поверхности инструмента лишь на некотором удалении от места контакта обрабатываемого материала с инструментом, что вносит погрешности в определение действительных контактных нагрузок. Метод разрезного резца лишен этого недостатка, но требует создания высокожестких динамометров.

Многолетний опыт применения метода разрезного резца показывает, что необходимо не только контролировать неизменность составляющих сил резания, но и учитывать разность измерительных перемещений частей разрезного резца в процессе резания. При измерении контактных нагрузок на задней поверхности резца при прямоугольном свободном резании диска из обрабатываемого материала измеряются силы, действующие на пластину А и на пластину Б (рис. 1). Увеличивая последовательно длину участка h_{31} при неизменной длине фаски износа h_{32} , рас-

считываем контактные нагрузки как отношение приращения силы к приращению площади контакта на пластине А.

При врезании на площадку длиной h_{31} пластины А действует сила больше, чем на площадку h_{32} пластины Б, что вызывает большую деформацию упругих измерительных элементов 3. Появившийся острый уступ начинает срезать дополнительную стружку с поверхности резания. Щель между пластинами забивается, что приводит к нарушению условий измерения сил.

Анализ вариантов различных схем измерений показывает, что для устранения указанных нежелательных явлений необходимо изменить либо конструкцию динамометра, либо схему резания. Второй путь менее трудоемкий. По этому варианту пластина Б должна измерять приращение сил на задней поверхности резца (рис. 2). При врезании под действием сил на площадке

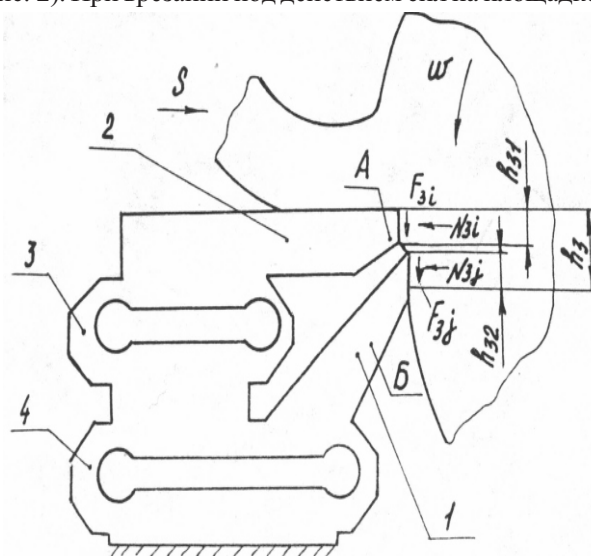


Рис. 1. Схема работы динамометра при исследовании контактных нагрузок на задней поверхности резца на токарном станке

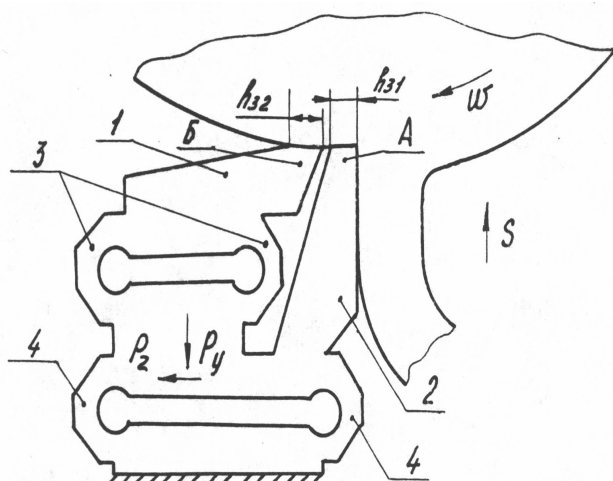


Рис. 2. Схема работы динамометра при исследовании контактных нагрузок на задней поверхности резца на горизонтально-фрезерном станке

h_{31} пластина А переместится немного вниз и влево вследствие упругой деформации измерительных элементов 4. Пластина Б вместе с измерительными элементами 3, закрепленными на упругих элементах 4, тоже переместится в этом же направлении. Поэтому уступа не возникает. Суммарные составляющие силы резания P_y и P_z измеряются с помощью упругих измерительных элементов 4, а приращения сил на задней поверхности – элементами 3.

Зазор между пластинами А и Б контролируется пластинчатым щупом толщиной 0.02 мм. При меньшем зазоре возможно соприкосновение пластин, а значит, нарушение процесса измерения, что проявляется в уменьшении сил, регистрируемых на пластине А. Большая величина зазора приводит к попаданию обрабатываемого материала в щель, что приводит к выкрашиванию рабочих пластин. В ходе исследований отсутствие контакта пластин контролируется на просвет.

Отработка методики эксперимента при резании латуни Л63 на горизонтально-фрезерном станке 6Н82Г показала экстремальный характер нормальных контактных нагрузок на задней поверхности y_{h3} (рис. 3), что связано с прогибом поверхности резания под действием составляющей $P_{y.n.p.}$ на передней поверхности в области стружкообразования.

Движущаяся перед резцом зона стружкообразования сопровождается волной упругой деформации, что приводит к опусканию границы полуплоскости поверхности резания. При этом восстанавливающаяся позади режущей кромки поверхность взаимодействует с плоскостью фаски, дополнительно деформируясь до ее уровня. При этом наибольшие деформации будут не у режущей кромки, а на некотором от нее удалении. Следовательно, и нормальные контактные нагрузки будут увеличиваться при удалении от режущей кромки. При прямоугольном свободном

точении диска дополнительное влияние будет оказывать кривизна обработанной поверхности, что будет проявляться в виде экстремального характера графиков. На рис. 3 приведены результаты экспериментального определения нормальных контактных нагрузок на фаске задней поверхности, выполненного методом разрезного резца при свободном точении латуни Л63 в условиях сливного стружкообразования. Экстремальный характер зависимости четко обнаруживается во всех случаях.

При сливной стружке силы со стороны передней поверхности достаточно стабильны. При элементном стружкообразовании характер взаимодействия инструмента с поверхностью среза существенно изменяется. Последний этап формирования элемента стружки – его отделение от заготовки сопровождается резким падением (иногда даже до нуля) нагрузки на участке в области стружкообразования. Восстанавливающаяся упруго поверхность среза создает при этом дополнительное давление, примерно пропорциональное перемещению под действием сил со стороны передней поверхности и, следовательно, тем большее, чем ближе находится рассматриваемая точка к режущей кромке. Эта дополнительная пульсирующая нагрузка должна быть по амплитуде значительно больше, чем обусловленная деформацией поверхности среза при сливном стружкообразовании. Пульсирующая дополнительная нагрузка приводит к изменению закона распределения нормальной контактной нагрузки вдоль фаски задней поверхности: наибольшее значение нагрузки в этом случае должно наблюдаться у режущей кромки.

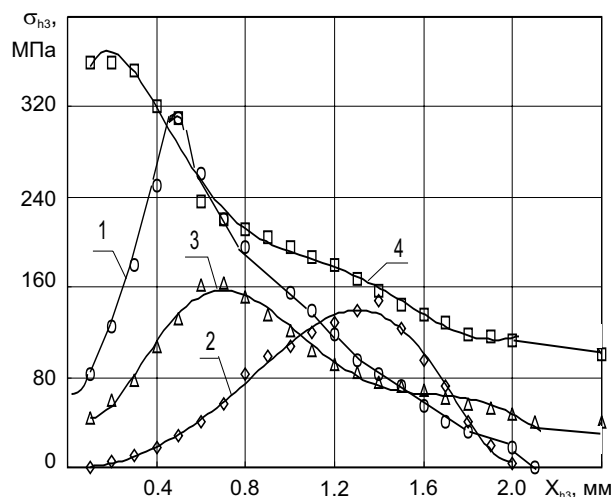


Рис. 3. Распределение нормальных контактных нагрузок на фаске задней поверхности инструмента, $\gamma = 0^\circ$, $\alpha_r = 0^\circ$ БЗ-Р6М5
 1 – 0.06 мм/об., $V = 100$ м/мин; 2 – 0.21 мм/об., $V = 100$ м/мин;
 3 – 0.21 мм/об., $V = 170$ м/мин; 4 – 0.41 мм/об., $V = 100$ м/мин

Описанный механизм взаимодействия инструмента с поверхностью среза хорошо подтверждается (рис. 3) результатами измерения нормальных контактных нагрузок на фаске задней поверхности при резании хрупкой

латуни ЛМцА57-3-1, дающей элементную стружку. Наибольшие нагрузки, как и предполагалось, наблюдаются у режущей кромки.

Литература

1. Козлов В.Н. Особенности обработки титановых сплавов // Прогрессивные технологические процессы в машиностроении. Кемерово, 1986. 6.

ДК 621.91

В.М. Мусалимов*, Г.М. Исмаилов**, Б.В. Соханев**

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КАБЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики

**Томский государственный педагогический университет

При решении задачи повышения срока службы гибких кабелей, предназначенных для питания различных исполнительных устройств, – от электрических кранов до манипуляторов робототехнических систем, – принципиальное значение имеют вопросы изучения их механических свойств, поскольку в процессе эксплуатации кабели испытывают сложные механические деформации. Кабель представляет собой сложную составную конструкцию и вопросы прочности, износа его элементов доминируют при проектных расчетах [1]. В то же время без развития экспериментальной базы исследований механических свойств гибких кабелей [2 – 4] вряд ли можно серьезно говорить о достоверности оценок физико-механических и трибологических характеристик элементов кабельных конструкций.

Целью данной работы является экспериментально-теоретическое определение характеристик вязкого трения таких трибологических пар, какими являются элементы кабельных конструкций – электропроводящие жилы.

1. Экспериментальная база

Для исследований усилий взаимодействий между элементами кабельной конструкции было разработано «Устройство для испытания материалов на трение» [4] (рис. 1).

На основании 1 размещены две стойки 2, выполненные в форме направляющих для ползуна 3. К ползуну 3 прикреплен жестко держатель образца 4. Контрообразец 6 прикрепляется к держателю образца 7. Стержень 8 с одной стороны прикреплен жестко к держателю образца 4, а стержень 9 шарнирно к держателю 7 для установления образца 5, 6. К тому же стержни жестко закреплены с упругими балками 10, 11. На упругих балках расположены датчики усилий и перемещений. Сами балки 10, 11 закреплены к стойке 14 через зажимы 15. Также на стойке 14 установлены ин-

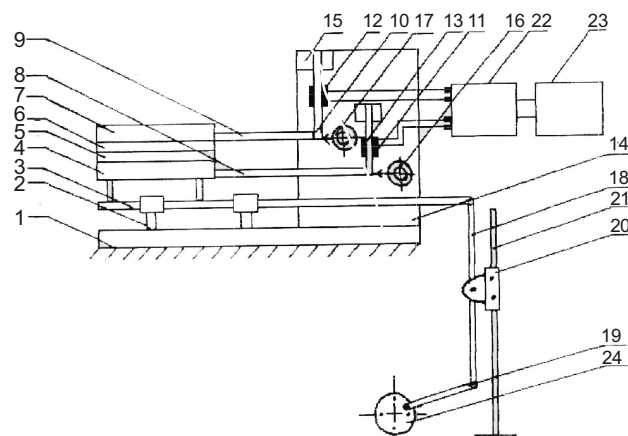


Рис. 1. Устройство для испытания материалов на трение

дикаторы перемещений 16, 17, соединенные с держателями 4, 7 через стержни 8, 9. Ползун связан с регулируемым рычагом 18, а рычаг с шатуном 19. Устройство содержит регулирующий элемент 20, соединенный шарнирно с ползуном 18 и закреплен на стойке 21 с возможностью перемещения и фиксации. Устройство также содержит регистрирующую аппаратуру, состоящую из усилителя 22 и осциллографа 23 и двигатель 24. Держатель 7 служит узлом нагружения. Держатели 4, 7 имеют продольные углубления, позволяющие осуществить укладку и закрепление любых пар трения элементов конструкции кабеля. Навизна держателя 4, как и держателя 7, состоит в создании условий для расположения исследуемых пар трения, максимально копирующих их положение в исследуемой конструкции кабеля.

Индикатор 16, 17 используется для тарирования схемы измерения. Кроме того, индикатор 16 используется также при регулировании перемещения