

ко вариантов, экспериментально опробовать их и отобрать наилучший.

Нами были проведены исследования по оптимизации процесса тонкого точения лейкосапфировыми резцами стали 45. Условия оптимизации — минимальная шероховатость обработанной поверхности. В качестве независимых переменных были выбраны факторы: подача, радиус при вершине резца и скорость резания.

Результаты экспериментов и расчетов показывают, что минимальная шероховатость зафиксирована при режимах:

$v = 170$  м/мин,  $s = 0,02$  мм/об и  $r = 0,3$  мм.

Эксперименты свидетельствуют о том, что уменьшать скорость и радиус при вершине нецелесообразно. По коэффициентам регрессии можно судить о том, что наибольшее влияние на величину шероховатости обработанной поверхности оказывает подача, затем в порядке уменьшения — радиус при вершине и скорость резания.

Ранее проведенные исследования [5] по прежней (классической) методике показывают, что при тонком точении стали 45 лейкосапфировыми резцами необходимо работать на следующих режимах:  $v = 165 \dots 220$  м/мин,  $s = 0,03$  мм/об,  $r = 0,3$  мм. Иначе говоря, полученные результаты достаточно хорошо согласуются.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грановский Ю.В. Основы планирования экстремального эксперимента для оптимизации многофакторных технологических процессов. — М., 1971.
2. Об одном методе формализации априорной информации при планировании эксперимента/ Ю.П. Адлер, И.Ф. Александрова, Ю.В. Грановский, Н.Н. Налимов. — В сб.: Планирование эксперимента. М., 1966.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. — М., 1965.
4. Вульф А.М. Резание металлов. — М., 1973.
5. Николаев В.А. Исследование процесса тонкого точения лейкосапфировыми резцами: Дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. — Мн., БПИ, 1973.

УДК 621.923.6

В.А.НИКОЛАЕВ

### ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ТОНКОМ ТОЧЕНИИ МЕТОДОМ ПРОЗРАЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

В свое время автором был предложен метод измерения температуры резания при тонком точении [1,2] с помощью прозрачного резца. Однако, этот резец не позволял наблюдать за зоной резания в процессе работы инструмента.

С целью исследования некоторых физических явлений, сопровождающих процесс резания материалов, автором разработана методика, спроектирована аппаратура, изготовлены специальные резцы. Все это в совокупности дало возможность изучать процесс резания методом прозрачного инструмента.

Этот метод позволяет исследовать величину напряжений, возникающих в режущем инструменте, температуру контактных поверхностей резца, характер взаимодействия инструмента с изделием и стружкой, условия проникновения смазывающе-охлаждающей среды в зону резания и т.д. [2].

Здесь мы рассмотрим наиболее общий случай применения метода прозрачного инструмента — для тонкого точения. Вместе с тем метод и разработанная нами аппаратура позволяют проводить исследования процессов фрезерования, протягивания, сверления, шлифования единичным зерном и выглаживания.

Предлагаемый резец (рис. 1) отличается от известных тем, что его режущая пластинка выполнена в виде специальной призмы. Это позволяет измерять в процессе резания величину контактных площадок резца со стружкой (рис. 1, а) и с изделием (рис. 1, б).

Резец содержит режущую пластинку 2 из лейкосапфира (или другого, прозрачного для видимой области спектра материала), закрепленную с помощью прихвата 3 в державке 6. Поверхности 1, 4, 9, 10, 11 отполированы, а опорная поверхность 10 имеет зеркальное покрытие. Освещение зоны резания осуществляется источником света 5. Микроскоп 8 с сеткой 7 предназначен для измерения контактных площадок.

В процессе работы лучи источника света 5, отражаясь от зеркальной поверхности 10, попадают в зону контакта резца со стружкой и изделием. Величина контактных площадок измеряется микроскопом или фотографируется скоростной кинокамерой. Для измерений контактной площадки на передней поверхности резца применяется специальная призма 13, на поверхность 12 которой нанесено зеркальное покрытие.

Известно, что усадка стружки при тонком точении происходит иначе, чем при других видах токарной обработки, — наблюдается значительное уширение стружки. Поэтому классические методы измерения усадки стружки, базирующиеся на принципе постоянства (неизменности) ширины ее, в данном случае являются неточными.

На рис. 2, а представлена схема измерения усадки стружки методом двух микроскопов. Резец 7 с полированными вспомогательными задними поверхностями 4 и 5 срезает стружку 1 толщиной  $a$  и шириной  $b$ . Зона резания освещается источником света 6.

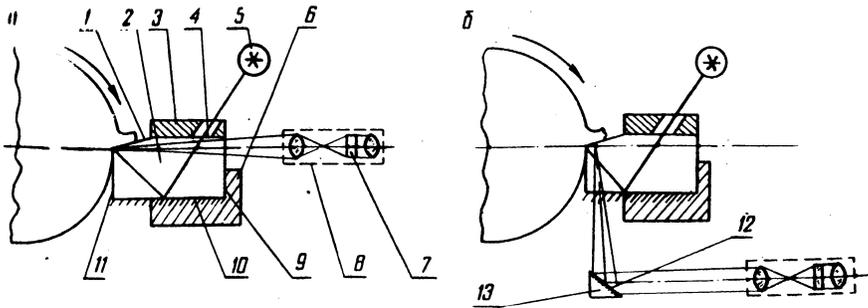


Рис. 1. Схемы измерения величины контактных площадок реза со стружкой (а) и изделием (б).

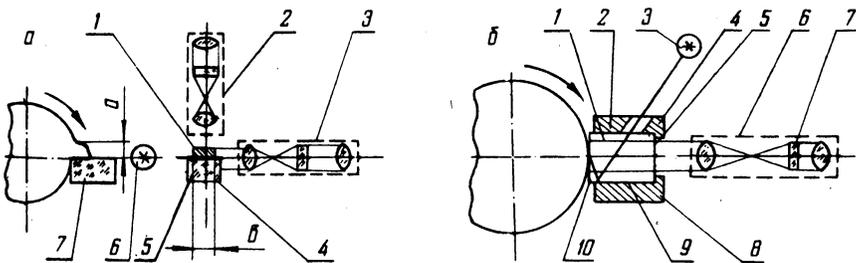


Рис. 2. Схемы измерения усадки стружки методом двух микроскопов (а) и величин контактных площадок при трении (б).

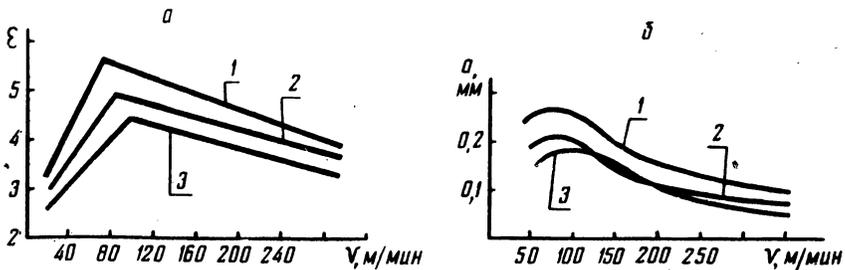


Рис. 3. Влияние скорости резания на усадку стружки (а) и величину контактной площадки (б):

1 - сталь 45 - ТЗОК4; 2 - сталь 45 - алмаз; 3 - сталь 45 - лейкосапфир.

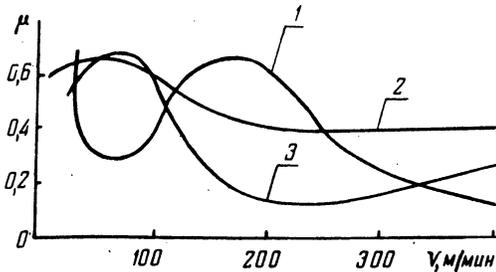


Рис. 4. Влияние скорости на величину коэффициента трения  
1 - лейкосапфир - D16T; 2 - твердый сплав ТЗОК4 - сталь 45; 3 - лейкосапфир - сталь 45.

Микроскопы 2 и 3 предназначены для одновременного измерения толщины и ширины стружки в процессе резания. Эта схема позволяет измерять усадку при точении обычными (непрозрачными) резцами.

Очень важной характеристикой процесса резания вообще и тонкого точения в особенности является усадка стружки.

В исследованиях использовали два метода определения усадки стружки — весовой и метод двух микроскопов. Суть последнего состоит в том, что в процессе резания одновременно измеряются толщина и ширина стружки (см. рис. 2,а) и сопоставляются поперечные сечения стружки и среза.

Эксперименты по определению усадки стружки проводились при постоянном сечении среза  $t = 0,15$  мм,  $s = 0,03$  мм/об. Были использованы лейкосапфировые, алмазные и твердосплавные (Т30К4) резцы. Геометрия инструмента оптимальная с точки зрения стойкости. Обрабатываемый материал — сталь 45. Скорость резания 40...300 м/мин. За окончательный результат принималась средне-арифметическая величина пяти измерений.

В результате экспериментов установлено, что скорость резания оказывает существенное влияние на усадку стружки (рис. 3, а). При  $v = 70 \dots 100$  м/мин наблюдается максимальная усадка стружки. Так, при точении резцами из Т30К4 максимальная усадка стружки  $\xi_s = 5,6$ ; алмазными — 4,8; лейкосапфировыми — 4,5. По ширине усадка соответственно была равна: 1,7; 1,5; 1,35. Нужно отметить, что на коэффициент усадки стружки по ширине скорость резания оказывает меньшее влияние, чем на усадку по длине. Так, для лейкосапфира при точении стали 45 с  $v = 100$  м/мин,  $\xi_s = 1,35$ ; а с  $v = 200$  м/мин —  $\xi_s = 1,26$ . Горбообразность кривой усадки стружки от скорости наблюдается не всегда. Так, при подаче  $s = 0,02$  мм/об усадка стружки с увеличением скорости резания монотонно убывает.

Смещение горбов на кривых усадки стружки для различных инструментальных материалов объясняется, видимо, тем, что максимальная усадка стружки характерна для определенной температуры в зоне резания. Для различных инструментальных материалов эта температура достигается при различных скоростях резания.

На усадку стружки по ширине большое влияние оказывает форма вершины резца. Для резцов с прямолинейной режущей кромкой она значительно меньше, чем для радиусных.

Сопоставляя результаты экспериментов по усадке стружки (см. табл. 1), полученные весовым методом и методом двух микроскопов, нетрудно заметить, что разброс экспериментальных

Т а б л и ц а 1. Изменения усадки стружки при точении резцами из лейкосапфи

Метод измерения	Скорость резания,			
	40	53	70	85
двух микроскопов	2,9	3,4	3,6	4,25
	2,7...3,1	3,2...3,6	3,4...3,8	4,0...4,5
песочной	2,85	3,5	3,65	4,25
	2,4...3,3	2,8...3,2	3,2...4,1	3,9...4,6

данных в первом случае значительно больше, чем во втором. Преимущество метода двух микроскопов состоит еще и в том, что он менее трудоемок в сравнении со всеми существующими методами определения усадки стружки.

Метод двух микроскопов позволяет измерять усадку стружки при точении чугуна, спеченных порошковых материалов и закаленных сталей, т.е. в случаях, когда образуется элементная стружка.

Используя свойство прозрачности лейкосапфира для видимой области спектра, были изготовлены специальные резцы (см. рис. 2, б), которые позволили измерить контактные площадки (изношенные участки) резца в процессе резания. Необходимо отметить, что результаты измерений по обоим методам практически полностью совпали.

Построенные по результатам измерений графики зависимости длины контакта от скорости резания (рис. 3, б) показывают, что увеличение скорости резания свыше 100 м/мин сказывается на уменьшении длины контакта стружки с передней поверхностью. Выявлено также, что длина контакта стружки более резко уменьшается в диапазоне скоростей 100...250 м/мин и менее значительно — в диапазоне скоростей 250...350 м/мин.

Таким образом, исследованиями подтверждается, что длина контакта стружки уменьшается при увеличении угла сдвига и увеличивается при его уменьшении. Изменение длины контакта в процессе резания находится в тесной взаимосвязи с деформацией срезаемого материала и условиями взаимодействия стружки и инструмента.

Этим, видимо, и объясняется аналогичный характер изменения кривых усадки стружки (см. рис. 3, а) и длины контакта стружки с передней поверхностью резца (см. рис. 3, б).

При исследовании коэффициентов трения лейкосапфира с различными конструкционными материалами было применено спе-

м/мин				
100	135	165	200	300
4,5 4,2...4,8	4,2 3,9...4,5	4,0 3,8...4,2	3,7 3,5...3,9	3,25 3,0...3,5
4,4 4,0...4,8	4,15 3,7...4,6	4,0 3,7...4,3	3,6 3,4...3,8	3,25 3,0...3,5

циальное устройство для измерения величины контактной площадки образца непосредственно в процессе трения (см. рис.2,б).

Образец 1 закреплен с помощью прихвата 2 в державке 8. Поверхности 2, 5 и 10 отполированы, а опорная поверхность 9 имеет зеркальное покрытие. Освещение зоны контакта осуществляется источником света 3. Микроскоп 6 с сеткой 7 предназначен для измерения контактных площадок трения непосредственно в процессе работы.

Исследование коэффициента трения проводилось при нормальном давлении  $9,8 \cdot 10^7$  Па для стали 45 и  $49 \cdot 10^6$  Па — для алюминиевого сплава Д16Т.

Из рис. 4 следует, что изменение  $\mu$  в зависимости от скорости трения носит явно не монотонный характер.

Анализируя результаты экспериментов, следует отметить, что при высоких скоростях трения (200...300 м/мин) на кривых наблюдается минимум, причем наибольшее значение  $\mu = 0,35$  — у пары Т30К4 — сталь 45.

Известно, что непосредственной однозначной функциональной связи между износом и коэффициентом трения не наблюдается. Это указывает на наличие более сложной связи износа и механизма трения инструментальных и обрабатываемых материалов. Однако с качественной стороны величина коэффициента трения может быть использована для объяснения интенсивности износа инструмента (увеличивается коэффициент трения — возрастает и интенсивность износа). Таким образом, подтвердилось наше предположение о том, что  $\mu$  оказывает определенное влияние на износ инструмента, усадку стружки и величину контактных площадок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев В.А. Резец: А. с. 277507 (СССР). — БИ, 1970, № 24.
2. Николаев В.А. Устройство для исследования взаимодействия режущей пластинки и обрабатываемой детали в зоне их контакта: А. с. 499978 (СССР). — БИ, 1976, № 3.
3. Николаев В.А. Устройство для измерения температуры в зоне резания. — Станки и инструмент. 1972, № 11.