

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ СТРУЖКИ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

В. И. ЛИВШИЦ

(Представлена научным семинаром кафедр
станков и резания металлов и технологии машиностроения)

Многие труднообрабатываемые стали при обработке их резанием дают элементную стружку. Процесс резания при образовании элементной стружки носит резко выраженный динамический характер, воздействие которого испытывает вся система СПИД. Поэтому изучение комплекса вопросов кинематического, динамического и напряженно-деформированного состояний в зоне резания при образовании элементной стружки представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Исследования выполнены на корнях стружек, полученных при свободном строгании стали 45Г17Ю3Х со скоростью $V_{рез} = 17,5$ м/мин.

Размеры среза: $a = 0,85 \div 1,1$ мм; $b = 3,0 \div 3,7$ мм. Инструмент-пластина твердого сплава ВК8 с геометрией: $\gamma = 8^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, фаска на лезвии: $\gamma_f = -10^\circ$, $f = 0,25 \div 0,30$ мм. Эксперименты проводились на поперечно-строгальном станке модели 7М37. Прекращение процесса резания для получения корня стружки выполнялось с помощью специального устройства, гарантирующего высокое качество корня стружки труднообрабатываемых материалов.

Образцы из стали 45Г17Ю3Х были выполнены в виде брусков, на верхней плоскости которых нарезаны прямоугольные ребра шириной b . На боковые стороны брусков нанесена квадратная сетка с базой 0,25 мм. Всего было получено около 20 корней, зафиксировавших различные стадии образования элемента стружки. Затем боковая поверхность корней с деформированной сеткой фотографировалась на микроскопе «БИМ» фотокамерой «Старт», а полученные негативы обрабатывались на проекторе БП. В итоге суммарное увеличение изображения корня составило 44*.

Из всех полученных корней были отобраны 10 экземпляров, наиболее четко представляющих различные стадии образования элемента стружки, и расположены в последовательном порядке. Расположение по стадиям выполнялось следующим образом. Одна из вертикальных рисок сетки (24-я, если считать от передней грани реза влево) принималась за начало отсчета горизонтальных координат. За начало отсчета вертикальных координат принята обработанная поверхность. Точка O пересечения названных начал отсчета принята за начало координат, из которого проведены две оси координат X и Y , связанные с образцом, неподвижно закрепленным на столе станка. Корни стружек

были расположены в порядке уменьшения расстояния от начала координат до вершины резца. Для контроля полученного расположения корней по стадиям рассматривались и другие признаки (длина площадки контакта стружки с резцом, высота элемента, оформление верхней границы элемента и др.), подтвердившие правильность принятой последовательности стадий образования элемента стружки.

Затем было вычислено время t , за которое резец прошел путь от начальной стадии до каждой из промежуточных. Для отыскания перемещений, скоростей и ускорений точек зоны стружкообразования были использованы лагранжевы и эйлеровы координаты. Начала обеих систем координат совмещены в точке O сетки. Для всех узлов сетки на каждой стадии образования элемента найдены по картине искаженной сетки эйлеровы координаты x и y . По этим данным получены графические законы движения узлов сетки-функции $x=f(t)$ и $y=f(t)$. Графическим дифференцированием этих функций найдены их первая и вторая производные — функции $V_x=f(t)$, $a_x=f(t)$ для координаты x и $V_y=f(t)$, $a_y=f(t)$ для координаты y . Оценка точности дифференцирования показала удовлетворительное совпадение полученных графическим путем величин скоростей с исходными данными эксперимента.

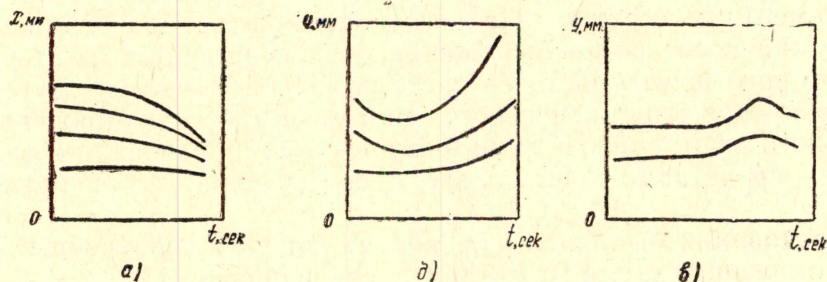


Рис. 1

Анализ полученных функций показал, что чем ближе к вершине резца расположены точки зоны стружкообразования, тем интенсивнее уменьшение функции $x=f(t)$ по мере роста t (рис. 1, а). Максимальные значения скорости V_x близки к скорости $V_{рез}$. Максимальная абсолютная величина ускорений a_x достигает значения 200 м/сек^2 . Наиболее интенсивное увеличение функции $y=f(t)$ по мере роста t (рис. 1, б) наблюдается для точек, расположенных вблизи верхней границы элемента стружки. Около половины из всех 25 полученных функций $y=f(t)$ имеют минимум на первых стадиях образования элемента стружки (рис. 1, б). Некоторые функции $y=f(t)$ имеют максимум перед последней стадией образования элемента стружки (рис. 1, в). Максимальные значения скорости V_y достигают величины $0,75 V_{рез}$ в положительном и отрицательном направлении. Максимальная абсолютная величина ускорений a_y достигает значения 350 м/сек^2 .

Наиболее интересным результатом эксперимента является экстремальный характер функции $y=f(t)$ на первых стадиях образования элемента стружки свидетельствующий о том, что в начале образования элемента стружки, деформация вдоль оси Y материала зоны стружкообразования направлена в «деталь» навстречу плоскости резания, и лишь по прошествии некоторого времени деформация меняет знак и протекает в направлении вверх от плоскости резания.

Предполагаемой причиной обнаруженной особенности процесса образования элемента стружки является следующее. Передняя грань

резца перед самым сколом элемента, когда уже образовалась трещина на некоторой части длины линии скалывания, действует на материал за поверхностью скалывания не непосредственно, а через наполовину отделившийся элемент стружки. Это воздействие приводит к некоторой деформации материала за поверхностью скалывания «в деталь». Так возникают максимумы функций $y=f(t)$ (рис. 1, в). Такие функции характерны для точек, первыми вовлекающимися в процесс образования следующего элемента.

Далее, после отделения элемента, воздействие на материал осуществляется непосредственно растущей площадкой контакта передней грани инструмента. При этом материал перед вершиной резца, имеющий уже некоторую деформацию «в деталь», продолжает деформироваться в том же направлении, наподобие стержня, имеющего низкую продольную устойчивость и получившего вначале небольшой прогиб (рис. 1 б).

Затем по мере образования элемента стружки происходит разделение слоев материала зоны резания: часть слоев уходит под заднюю грань инструмента, остальные слои поступают на переднюю грань резца. Здесь под воздействием продвижения резца и значительного трения стружки о резец происходит накопление материала, что ведет к появлению деформации материала зоны резания вверх от плоскости резания. Эта деформация приводит вначале к уменьшению и исчезновению прогиба вниз у горизонтальных линий сетки, а затем к появлению у них прогиба вверх. Этим и объясняются минимумы функций $y=f(t)$.

В описанный процесс вначале вовлекаются узлы сетки, первыми оказавшиеся внутри объема будущего элемента стружки. Те же узлы, которые оказываются в конце образования элемента вблизи линии скалывания и вблизи наружной границы элемента, последними вовлекаются в этот процесс или вовсе не вовлекаются.

Существенный интерес представляет вопрос о том, характеризуется ли будущая плоскость скалывания элемента стружки какими-либо кинематическими особенностями в процессе образования элемента. Применительно к сливной стружке В. И. Садчиковым [1] показано, что функция $V'_x=f(t)$, где V'_x — составляющая скорости точек зоны резания, направленная вдоль плоскости сдвига, при переходе через плоскость сдвига терпит разрыв, а перпендикулярная составляющая V'_y сохраняет всюду в поле скоростей постоянное значение $V_{xy}=V_0 \cdot \sin \beta_1$, где V_0 — скорость резания, β_1 — угол плоскости сдвига. Применительно же к стружке скалывания этот вопрос не освещен в литературе.

По данным кинематического исследования были получены поля скоростей V_x и V_y и поля ускорений a_x и a_y на каждой стадии образования элемента стружки. Анализ полей скоростей показал, что ни функции $V_x=f(t)$, ни функции $V'_x=f(t)$ не терпят разрыва при переходе через плоскость скалывания. Функция $V'_y=f(t)$ не имеет постоянного значения во всех точках зоны резания даже на одной стадии образования элемента, не говоря уже о различных стадиях. По-видимому, особенности функций V'_x и V'_y , отмеченные В. И. Садчиковым, характерны лишь для образования сливной стружки в случае схемы с зоной сдвига, выродившейся в плоскость.

Анализ полей ускорений a_x показал, что падение ускорения a_x от максимальных значений до нулевых происходит в довольно узкой области, расположенной к плоскости резания под углом, приблизительно равным углу β_1 . Линия максимальных ускорений a_x непосредственно

перед началом скалывания элемента совпадает с будущей плоскостью скалывания.

Таким образом, при образовании элементной стружки в плоскости скалывания будущего элемента наблюдаются максимальные по величине ускорения a_x . Ряд дополнительных данных позволяет сделать вывод, что ускорение a_x непосредственно связано с локализацией деформаций, ведущей к появлению плоскости скалывания, а затем к отделению элемента стружки.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Садчиков. К вопросу теории образования сливной стружки, диссертация, Томск, 1962.
-