

29. Тахман С.И. Исследование вопросов механики процесса резания при фрезеровании сталей твердосплавными цилиндрическими фрезами. Автореф. дис.... канд.техн.наук- Томск, 1967, -19 с.
30. Розенберг Ю.А., Тахман С.И. Силы резания и методы их определения: в двух частях. Часть 1. Общие положения: Учеб. пособие.-Курган: изд-во КМИ, 1995.- 128 с.
31. Кушнер В.С. Основы теории стружкообразования: В 2-х кн. Кн.1 Механика резания: Учеб. пособие. – Омск: изд-во ОмГТУ, 1996, - 130 с.
32. Розенберг А.М., Розенберг О.А. Механика пластического деформирования в процессе резания и деформирующего протягивания – Киев: Наук. Думка, 1990, - 320 с.
33. Полетика М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М.: Машиностроение, 1969. – 150 с.
34. Кушнер В.С. Основы теории стружкообразования. В 2-х кн. Кн. 2: Теплофизика и термомеханика резания: Учеб. пособие. – Омск: изд-во ОмГТУ, 1996. – 135 с.
35. Кушнер В.С. Термомеханическая теория процесса непрерывного резания пластичных материалов. – Иркутск: Изд-во Ирк. ун-ва, 1982. – 180 с.
36. Полетика М.Ф. Приборы для измерения сил резания и крутящих моментов – М. – Свердловск: Машгиз, 1962. – 108 с.
37. Розенберг Ю.А., Тахман С.И. Силы резания и методы их определения: в двух частях. Часть 2. Расчет сил резания при различных видах обработки: Учеб.пособие. – Курган: изд. КМИ, 1995. – 104с.
38. Розенберг Ю.А. Создание нормативов по определению сил резания с использованием теоретических зависимостей процесса резания // Вестник машиностроения. 2000. № 9 С 35-40.
39. Розенберг Ю.А. Методы аналитического определения степени деформации металла стружки при резании // Вестник машиностроения. 2001. № 3 С 34-38.
40. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для обработки концевыми фрезами на станках с ЧПУ (временные) – М. НИИМАШ. 1980. – 71 с.

Курганский государственный университет

УДК 621.91.(09) Р 64

Ю.А. РОЗЕНБЕРГ

О ПРОЦЕССЕ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

Рассматриваются основные закономерности процесса стружкообразования при резании металлов и, в частности, влияние условий резания на тип стружки.

В одной из последних своих работ профессор М.Ф.Полетика рассматривает процесс элементного стружкообразования [1]. При этом за отправную точку он берет элементное стружкообразование, а сливная стружка рассматривается как частный случай. Элементное стружкообразование имеет две зоны: низкотемпературную и высокотемпературную. Отделение сформировавшегося элемента стружки М.Ф.Полетика связывает с возникновением трещины в окрестности режущей кромки инструмента и с наличием в этой области растягивающих напряжений.

Следует отметить, что одно из наиболее полных исследований процесса элементного стружкообразования было выполнено автором статьи совместно с учениками В.И.Карновым и И.Б.Филипченко (при резании малопластичных металлов, в Томском политехническом институте) [2,3], А.Н.Зелинским и А.К. Назаровым (при резании сталей, в Курганском машиностроительном институте) [4]. При этом на основании результатов, полученных с помощью методов скоростной киносъемки, искажения координатных сеток,

изучения распределения твердости в зоне стружкообразования, измерения сил резания и длин контакта стружки с передней поверхностью инструмента в процессе образования отдельного элемента и др. была разработана схема образования элементной стружки [2].

Проведя анализ многочисленных кинокадров корней стружек мы не обнаружили наличие видимых трещин. Приведенные автором [1] рисунки стружек с наличием трещин, полученных А.М.Розенбергом [5] и М.Г.Гольдшмидтом [6] не могут служить подтверждением его выводов. Исследования А.М.Розенберга были выполнены при резании мягкого, малоуглеродистого и вязкого железа в зоне неустойчивого наростообразования. При этом можно было получить все, что угодно. В частности было получено, что при увеличении толщины срезаемого слоя элементная стружка переходит в сливную, что противоречит общим положениям. В то же время при образовании элементной стружки степени деформации значительно больше, чем при образовании сливной стружки, что вполне объяснимо. М.Г. Гольдшмидт показывает отделение элемента стружки при резании латуни ЛС-59-1 с большими передними углами ($\gamma=+30^\circ$), когда радиальная составляющая силы резания действительно имеет отрицательное значение. При резании с другими передними углами радиальная составляющая на передней поверхности инструмента всегда положительна.

На наш взгляд процесс стружкообразования при резании металлов имеет следующие основные закономерности.

Срезаемый слой превращается в стружку в результате процессов пластической деформации. Основными видами этой пластической деформации являются деформация сдвига и деформация сжатия (при больших передних углах возможно появление деформации растяжения). Соотношение между этими видами деформации определяется соотношением размеров срезаемого слоя, величиной переднего угла инструмента, механическими и теплофизическими свойствами обрабатываемого материала, температурно-скоростным фактором и контактными процессами на передней поверхности инструмента. Но основным видом пластической деформации, особенно в конечной стадии образования стружки, является сдвиговая деформация.

Процесс пластической деформации при образовании стружки во всем диапазоне изменения режимов резания имеет периодический характер, взаимосвязанный с колебательными движениями элементов технологической системы [7,8]. В работе [9] это явление называется неоднородностью пластической деформации. Исследования с помощью сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии показали, что даже при образовании так называемой сливной стружки сдвиговой процесс происходит неоднородно, вызывая появление четко очерченных пластин, разделенных очень узкими пачками плоскостей, названных фронтами сдвига. Толщина таких пластин (в случае образования так называемой сливной стружки) изменяется микрометрами. Поэтому, считая, что сливная стружка имеет в основной своей массе постоянный угол текстуры, мы допускаем определенную неточность. Процесс стружкообразования во всем диапазоне изменения условий резания носит циклический характер. При малых амплитудах изменений процесса пластической деформации получаем сливную стружку (правильнее называть ее псевдосливной стружкой). С увеличением амплитуды сливная стружка переходит в суставчатую и элементную.

Важнейшей характеристикой свойств обрабатываемого материала является предельная величина степени деформации (предельная величина относительного сдвига или предельная величина интенсивности деформации), эта такая величина степени деформации,

при которой начинается процесс разрушения. Предельная величина степени деформации зависит от свойств обрабатываемого металла и температурно-скоростного фактора.

Действительная максимальная степень деформации при резании зависит от величины переднего угла инструмента, соотношения толщины и ширины срезаемого слоя и контактных процессов на передней поверхности инструмента.

Именно соотношение между действительной максимальной степенью деформации в процессе резания и предельной степенью деформации данного обрабатываемого материала определяет амплитуду колебаний процесса пластической деформации в зоне стружкообразования и тип стружки. С увеличением этого соотношения амплитуда этих колебаний возрастает.

При достижении действительной максимальной степени деформации в процессе резания величины предельной степени деформации обрабатываемого металла начинается процесс разрушения, в результате чего происходит полное или частичное отделение сформировавшегося элемента стружки. Сам процесс разрушения может сопровождаться появлением микро и макротрещин.

При резании с высокими скоростями (8 м/сек и более) или при резании материалов с низкими значениями коэффициента теплопроводности (титановые сплавы) в зоне конечной сдвиговой деформации создаются условия адиабатического процесса. В результате в этой зоне резко повышаются температуры, что приводит к уменьшению сопротивления сдвиговой деформации. Предельные и действительные степени деформации увеличиваются, соотношение между действительной и предельной степенями деформации и амплитуда колебаний процесса колебания пластической деформации в зоне стружкообразования возрастают. Деформации, в основном, сосредотачиваются в узкой зоне элемента стружки и образуется стружка локального сдвига [10, 11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полетика М. Ф. Контактные условия как управляющий фактор при элементном стружкообразовании. /Сб. науч.тр. «Прогрессивные технологические процессы в машиностроении». Томск: ТПУ, 1997, с.6-13.
2. Резание металлов и инструмент /Под ред. А. М. Розенберга. -М.:Машиностроение, 1964, 228 с.
3. Розенберг Ю. А. Вопросы механики процесса резания малопластичных металлов. /Сб. «Обрабатываемость жаропрочных и титановых сплавов». - Куйбышев: КАИ, 1963, с.93-102.
4. Резание металлов и технологическая точность деталей в машиностроении (часть 1) /Под ред. Ю. А. Розенберга и В. П. Пономарева. -Курган: КМИ, 1968, 235 с.
5. Розенберг А. М. Экспериментальное исследование процесса образования металлической стружки // Изв. Сибирского технологического института, т.51, вып.4., 1929, 58 с.
6. Гольдшмидт М. Г. Исследование напряженно-деформированного состояния в зоне резания: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - Томск:ТПИ, 1966, - 170 с.
7. Black J. T. On the Fundamental Mechanism of Large Strain Plastic Deformation. Electron Microscopy of Metal Cutting Chips. - Trans ASME, 1970,2. P.132-152.
8. Black J. T. Shear Front - Lamella Structure in Large Strain Plastic Deformation Processes. - Trans ASME, 1970, 2. P.311-321.
9. Старков В. К. Технологические методы повышения надежности обработки на станках с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 1984. 120 с.
10. Komanduri R., Brown R. H. On the Mechanics of chip Segmentation in Machining.- Trans ASME, 1981,1 P. 145-160.
11. Komanduri R., Schroeder T., Hazra J., Turkovich B. F., Flom D. G. On the Catastrophic Shear Instability in High - Speed Machining of an Aisi 4340 Steel. - Trans ASME, 1982,2.P.149-160.