

ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУЖКИ СКАЛЫВАНИЯ

Г. Л. КУФАРЕВ, М. Г. ГОЛЬДШМИДТ, Н. И. КАЛАБУХОВ

(Представлена научным семинаром кафедры станков и резания металлов)

Резание почти всех материалов в зависимости от условий процесса, как известно, может сопровождаться образованием как сливной стружки, так и стружки скалывания.

Главным внешним фактором, определяющим вид образующейся стружки, является сила трения на передней грани. Так, например, резание латуни ЛС59-1 при постоянных переднем угле и толщине среза сопровождается независимо от скорости резания образованием стружки скалывания [1]. Это нетрудно объяснить, если учесть, что коэффициент трения в этих условиях остается постоянным.

При резании мягкого трансформаторного железа искусственное уменьшение длины площадки контакта приводит к снижению сил трения, вследствие чего так называемая псевдоэлементарная стружка переходит в сливную [2]. Уже при толщине среза $a=0,06$ мм резание стали 1Х18Н9Т на микроскорости ($\gamma=+8^\circ$) сопровождается образованием стружки скалывания. Применяя в качестве смазки четыреххлористый углерод, можно получить вплоть до толщины среза 0,35 мм сливную стружку, что обусловлено снижением силы трения (с 77 кг до 34,5 кг).

Причины, условия, способствующие разрушению материала стружки, описываются по-разному. Одни авторы полагают, что стружка скалывания образуется вследствие уменьшения, при соответствующем изменении условий резания, нормальных напряжений в плоскости сдвига и снижения в результате этого пластических свойств металла [3]. Другие объясняют это явление тем, что «металл в зоне конечного сдвига элемента получает предельное упрочнение» [4] или энергия деформации сдвига достигает критического значения. Третьи связывают разрушение материала стружки с образованием в результате действия растягивающих напряжений в плоскости скалывания у вершины инструмента опережающей трещины [5].

Многочисленные эксперименты по резанию различных по своим свойствам материалов показывают, что хрупкому разрушению (скалыванию) элемента стружки предшествует возникновение опережающей трещины. Это явление тем более ярко выражено, чем выше пластические свойства обрабатываемого металла. Анализ напряженного состояния в зависимости от толщины среза [6] показал, что изложенное в работе [3] мнение нельзя считать достаточно обоснованным.

Вследствие того, что скалывание начинается с образования трещины, а наличие концентратора напряжений может привести к разрушению не обязательно «упрочненного до предела» металла, объяснение этого явления в работе [4] можно признать, по крайней мере, недостаточно полным. Тем более, что при сжатии образцов из латуни ЛС59-1, максимальное касательное напряжение, зафиксированное перед разрушением, достигало величины 34—35 кг/мм², тогда как при резании касательное напряжение в плоскости скалывания в момент, предшествующий его отделению, не превышало 27—28 кг/мм².

Рассмотрим несколько установленных экспериментом характерных явлений.

1. При резании цинка на микроскоростях увеличение толщины среза либо уменьшение переднего угла приводит к образованию опережающей трещины, которая направлена в глубь металла под углом 15—30° к направлению движения инструмента. В дальнейшем она распространяется по определенной траектории и образуются элементы стружки в виде слабо деформированных сегментов. При толщине среза $a = 1$ мм и переднем угле $\gamma = +35^\circ$, начиная со скорости $V = 18$ м/мин, наблюдается аналогичная картина. Стружка подобного же вида образуется также при резании пластика.

2. При резании пластичных металлов на микроскорости можно подобрать такой режим, когда образуется сливная стружка, однако на обработанной поверхности заметны мелкие «задиры», по форме напоминающие «брошенные» трещины. Подобная картина наблюдалась и в условиях образования нароста [5], но нельзя рассматривать ее только как следствие влияния последнего.

3. На определенной стадии образования элемента стружки скалывания при резании на микроскорости стали ШХ15 возникает трещина, направленная, как и при резании цинка, в глубь образца. Однако разрушение не происходит, инструмент деформирует новый объем металла, оставляя зазубрину на обработанной поверхности. Далее образуется новая, более глубокая трещина и т. д., пока, наконец, одна из них не приведет к отделению элемента стружки. Профилограмма обработанной поверхности, полученная на приборе конструкции М. Ф. Полетики и В. А. Наумова, очень ярко иллюстрирует описанный процесс.

Описанные выше взаимосвязанные, по всей вероятности, явления можно объяснить следующим образом.

В определенных условиях процесса резания, главным образом, вследствие влияния силы трения, создается такое напряженное состояние у вершины инструмента, что возникает трещина. Здесь, по-видимому, важную роль играют растягивающие напряжения, так как трещина направлена обычно в глубь материала и имеет явно выраженный характер отрыва. Уместно предположить, что известная схема напряженного поля в подповерхностном слое деформируется при этом так, что линия раздела зон сжимающих и растягивающих напряжений приближается к направлению возникающей трещины. Вместе с тем нормальные напряжения у вершины инструмента являются сжимающими [6]. Следовательно, условия возникновения трещины — результат действия растягивающих напряжений — не зависят от напряженного состояния в плоскости скалывания.

Как отмечалось, плоскость скалывания и направление возникшей трещины обычно не совпадают. Поэтому можно показать, что наличие сжимающих в первом случае и растягивающих во втором нормальных напряжений вблизи вершины инструмента не является противоречием.

Согласно схеме стружкообразования Н. Н. Зорева вершина резца

является особой точкой [7, 8]. Это означает, что гидростатическое давление, а следовательно, и нормальные напряжения претерпевают в ней разрыв, т. е. являются различными для разных отрезков линий скольжения, проходящих через вершину.

Практически это означает, что, если обходить вершину резца в направлении от передней грани, гидростатическое давление у вершины изменяется скачком от сжимающего до растягивающего. Поэтому кажется возможным, что лучу, совпадающему с направлением трещины, соответствует положительное гидростатическое напряжение.

Возникшая трещина может повлиять на процесс стружкообразования следующим образом.

1. Если сопротивление материала действию растягивающих напряжений при наличии концентрации напряжений невелико, он разрушается по геометрии, предопределенной напряженным состоянием в зоне деформации. Это можно наблюдать при резании цинка, пластика.

2. Если же напряжения вблизи вершины не превышают прочности материала и последний в окрестностях трещины достаточно пластичен, чтобы «погасить» ее влияние, продолжается деформация стружкообразования. На обработанной поверхности остаются зазубрины.

3. В том случае, когда совокупное влияние концентратора напряжений и сравнительно большой степени деформации стружки превышает способность упрочненного материала к дальнейшей пластической деформации, наступает разрушение — скол элемента. Трещина при этом меняет свое направление, ориентируясь согласно напряженному состоянию, в направлении поверхности скалывания.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Карнов. Исследование процесса резания малопластической латуни. Диссертация, Томск, 1965.
2. К. И. Триггер, Б. Ф. Туркович. Стружкообразование при высокоскоростном резании меди и алюминия. Конструирование и технология машиностроения, ИЛ., серия В, № 4, 1963.
3. M. Field and M. E. Merchant. *Mechanics of Formation of the Discontinuous chip in Metal Cutting*. Trans. ASME, vol. 41, 1949.
4. Резание металлов и инструмент под ред. А. М. Розенберга. Машиностроение, 1964.
5. М. Чандирамани, Н. Х. Кук. Исследование характера чистоты поверхности и ее зависимости от скорости резания. Конструирование и технология машиностроения. «Мир», т. 86, серия 8, № 2, 1964.
6. М. Г. Гольдшмидт, Г. Д. Дель, Г. Л. Куфарев. Напряженное состояние при образовании стружки скалывания. Изв. ТПИ, т. 139, 1965.
7. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, 1956.
8. М. Г. Гольдшмидт. Исследование напряженно-деформированного состояния в зоне резания. Автореферат диссертации, Томск, 1966.