

М. Г. ФАГРАДЯН

ДЕФОРМАЦИЯ ЗОНЫ РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ

Стружкообразование при резании металлов является сложным видом пластической деформации. Изучению этого процесса посвящено значительное количество теоретических и экспериментальных работ.

Из-за наличия многих факторов, отличающих процесс резания от других видов пластической деформации, математическое описание стружкообразования затруднительно, а потому экспериментальное изучение процесса занимает ведущее место.

Стружкообразование при сверлении имеет ряд особенностей. Ввиду переменности геометрии и скорости резания по длине режущих кромок сверла. С целью глубокого анализа и эффективного изучения особенностей стружкообразования произведены всесторонние исследования зоны деформации при сверлении стандартными спиральными сверлами диаметром 26 мм нормальной геометрии, а именно: исследование корней стружек с определением зоны наростообразования при различных режимах обработки, электронномикроскопическое исследование структурных изменений в металле стружки, определение глубины и степени деформации за линией среза. Корень стружки получен на образцах меди и стали 45 быстрой остановкой процесса сверления и рассматривался в трех сечениях образца. Микрофотографии образцов, разрезанных перпендикулярно режущей кромке с последующей полировкой и травлением дали возможность установить, что нарост образуется по всей длине режущей кромки и имеет довольно устойчивое состояние. В зависимости от положения на режущей кромке нарост имеет различную степень развития и размеры. При скорости резания 25,7 м/мин, по мере приближения к перемычке, нарост увеличивается и достигает своего максимального значения. При сверлении со скоростью 5,14 м/мин у периферии сверла на радиусе 11,5 мм (рис. 1,а) нарост только начинает развиваться и имеет небольшие размеры. По мере приближения к перемычке нарост исчезает, а на радиусе 4,5 мм наблюдается трещина у корня стружки (рис. 1,б), что свидетельствует о значительном упрочнении металла и прекращении пластической деформации. На расстоянии 1 мм от оси сверла (рис. 1,в) корень стружки сильно деформирован и никаких трещин не наблюдается.

При сверлении меди на тех же режимах в отмеченных точках режущей кромки усадка стружки почти в три раза больше по сравнению со сталью 45. На расстоянии 4,5 мм от оси сверла опять наблюдается

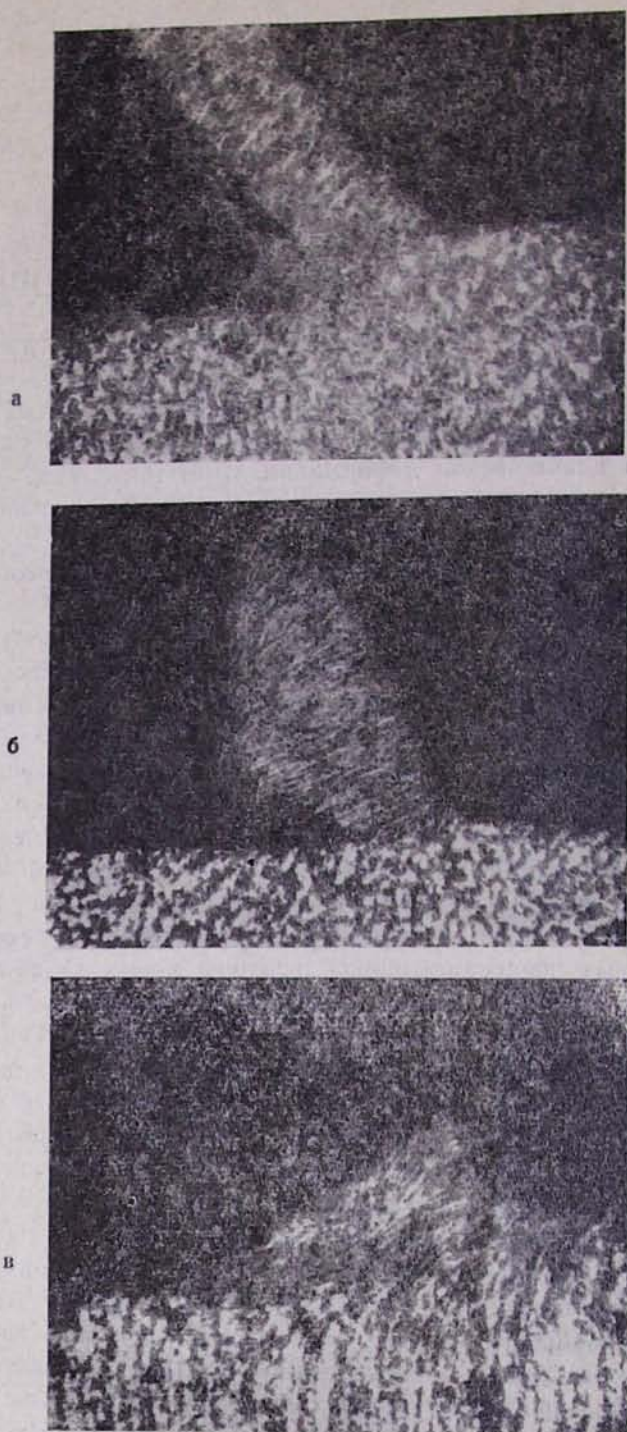


Рис. 1. Корень стружки: обрабатываемый материал—
сталь 45 ($d=26$ мм, $S=0,3$ мм/об, $V=5,14$ м/мин) $\times 65$
а) $r=11,5$ мм, б) $r=4,5$ мм, в) $r=1$ мм.

трещина у корня, но небольшого размера. Подобные трещины наблюдались также при сверлении других материалов (латуни Л62 и нержавеющей стали IX18H9T) малыми скоростями. С увеличением скорости резания трещина у корня стружки в указанной зоне режущей кромки постепенно уменьшается и исчезает. Подобное явление объясняется по-

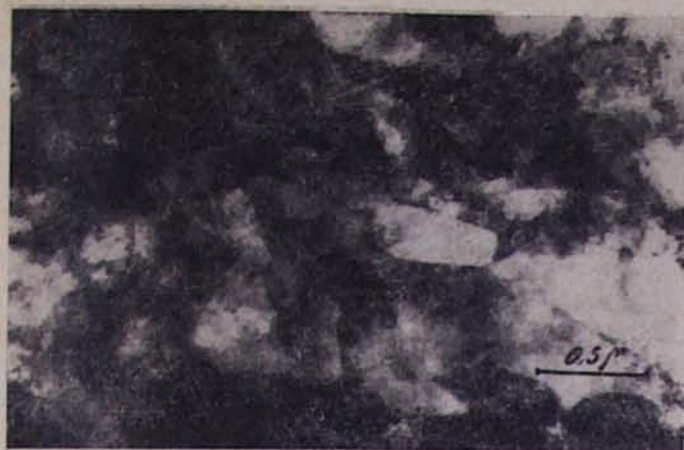


Рис. 2. Микроструктура периферийного участка стружки
 $r=11,5\text{ мм}$ ($d=26\text{ мм}$, $S=0,3\text{ мм/об}$, $V=5,14\text{ м/мин}$).

вышением температуры, при которой увеличивается пластичность металла в зоне резания и облегчается течение металла по режущей кромке. Свидетельством этого является горбообразное распределение сил резания по режущей кромке и перемещение горба вдоль режущей кромки с увеличением скорости резания.

Степень деформации и структурные изменения в металле стружки изучались с помощью электронного микроскопа «эльмископ» фирмы Сименс непосредственным наблюдением тонких фольг на просвет. Фольги изготовлялись из отдельных участков стружки. С целью исключения влияния фазовых превращений опыты проводились на отожженной чистой электролитической меди. Для наблюдений по длине режущей кромки выбирались три точки: у переходной зоны перемычки и режущей кромки, у середины и у периферии режущей кромки, соответственно 3,7 и 11,5 мм от оси сверла.

У периферии сверла в стружке наблюдается нерегулярная сетка дислокаций, где плотность последней достигает высокого значения (рис. 2). По мере приближения к центру сверла, наряду с существованием дислокационных скоплений высокой плотности, наблюдаются также недеформированные участки (рис. 3). У центра сверла металл стружки имеет структуру отожженного металла, где следы пластической деформации незначительны (рис. 4).

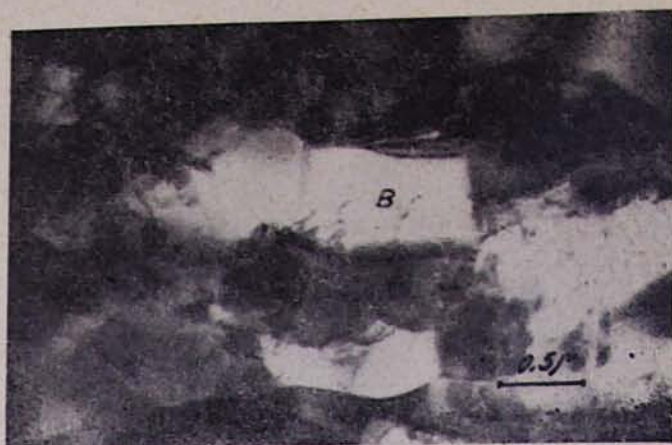


Рис. 3. Микроструктура стружки на радиусе 7 м.м (в области *A* наблюдаются дислокационные скопления высокой плотности, в области *B* видны отожженные зерна).



Рис. 4. Микроструктура отожженного металла.

Как видно из снимков, степень деформации стружки у периферии сверла имеет высокое значение, в то время как у перемычки она незначительна и металл находится в отожженном состоянии.

Одновременно известно, что удельные силы и усадка стружки имеют максимальное значение у перемычки сверла, а у периферии имеют небольшую величину.

Явление резкого снижения степени деформации металла стружки у перемычки сверла объясняется одновременно протекающими диффузионными и рекристаллизационными процессами, которые приводят к разупрочнению металла. Под влиянием больших давлений под пере-

мычкой металл приходит в пластическое состояние, выдавливается в стороны и сильно упрочняется, доказательством чего являются горбообразное увеличение давлений и трещина у корня стружки в указанной зоне. Одновременно снижается температура рекристаллизации стружки у перемычки и с повышением температуры резания создаются благоприятные условия протекания деформационного и динамического разупрочнения.

Высокое значение деформации стружки у периферии сверла объясняется отсутствием благоприятных условий для разупрочнения.

Степень и глубина деформации за линией среза изучались методом отражения рентгеновских лучей на кристаллографе фирмы Сименс. Данный метод позволяет выявить небольшие относительные деформации порядка 2×10^{-4} см.

Рентгеновский луч толщиной 0,3 мм был направлен на заранее отмеченные точки поверхности среза, который подвергался полировке и электрополировке. Измерение производилось, начиная с 0,5 мм от линии среза.

Несмотря на относительно большое удаление выбранных точек от линии среза, деформация значительна и достигает своего максимума у перемычки и постепенно уменьшается от перемычки к периферии сверла (рис. 5). Большая глубина и степень деформации у центра сверла

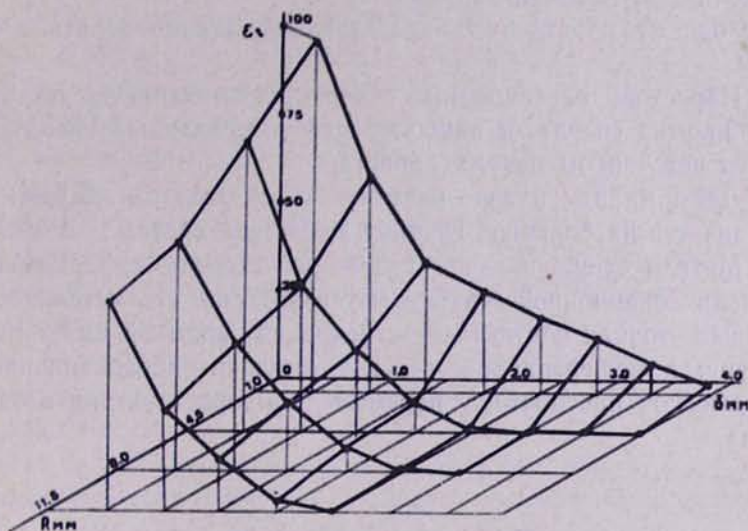


Рис. 5. Глубина и степень деформации за линией среза при сверлении стали 45 ($d=26$ мм, $S=0,3$ мм/об, $V=5,14$ м/мин).

обусловлены сложной деформацией металла под перемычкой. При переходе к периферии сверла глубина и степень деформации почти в два раза уменьшаются, а кривая имеет плавный характер. Подобный характер распределения деформаций свидетельствует о том, что при сверлении на всех точках вдоль режущей кромки сила резания пропорциональна деформации металла за линией среза,

Характер изменения степени деформации по глубине резко изменяется и, по мере удаления от поверхности среза вглубь, постепенно снижается.

Как и при установлении закономерности упрочнения обработанной поверхности, здесь также можно заметить условные зоны, после дифференциации которых можно установить, что в первой зоне (от поверхности среза до 1—1,5 мм) кривая имеет резко ниспадающий характер во всех точках режущей кромки. Вторая зона, которая достигает 2—2,5 мм глубины, расположена ниже первой и отличается от нее менее интенсивным характером снижения степени деформации. Третья зона является переходной и достигает 2,5 ÷ 4,5 мм. Нетрудно заметить, что деформация, соответствующая различным точкам режущей кромки, в каждой зоне имеет различное значение. Следовательно, процессы, протекающие как в одной зоне, так и в разных зонах, нельзя считать аналогичными, хотя степени деформации могут быть равными. Аналогичная картина глубины и степени деформации обработанной поверхности наблюдается в различных точках, образующих отверстия, но их значения оказались неоднозначными. Это объясняется трением ленточки сверла о поверхность отверстия, во время которого мелкие частицы стружки попадают между трущимися поверхностями и местами дополнительно деформируют ее.

Исходя из проведенных исследований, можно делать следующие выводы.

1. Наростообразование имеет переменный характер по длине режущей кромки сверла, и наиболее деформированный граничный слой является источником начала нароста.
2. Деформация в зоне резания имеет сложный характер и распространяется на большую глубину за линией среза.
3. Металл стружки имеет различную степень деформации. Выявлением дислокационной структуры установлено, что металл стружки в различных точках контакта ее с режущей кромкой имеет различную структуру: в периферийном участке стружки—дислокационные скопления высокой плотности, у перемычки—микроструктура отожженного металла.