

разного диаметра. - ЦИИН ЧМ, 1958, бюлл. № 5 (337), с. 32-35. 4. Синицын В.Г., Громов Н.П. Исследование изгиба однородных полос металла при различных случаях несимметричной прокатки. - ЦИИН ЧМ, 1957, бюлл. № 2 (322), с. 53-57. 5. Николаев В.А., Волков И.А., Пилипенко С.С. Опережение и изгиб переднего конца полосы при несимметричной прокатке. - Изв. вузов. Черная металлургия, 1981, № 1, с. 57-59. 6. Николаев В.А., Емченко В.И. Опережение при несимметричной прокатке. - Металлургия и коксохимия. - Киев, 1980, № 64, с. 49-52.

УДК 621.96

Д.И.Дмитрович, инженер, Т.В.Калиновская, канд. техн. наук, А.С.Масаковская, канд. техн. наук (ФТИ АН БССР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ СРЕЗЕ СТРУЖКИ

Экспериментальное изучение напряженно-деформированного состояния в процессе среза стружки является базой для разработки аналитического подхода к изучению процесса резания и его более сложной разновидности - скальпирования (снятия стружки по всему периметру обрабатываемой заготовки) - сравнительно нового процесса, изученного в некоторой степени лишь в технологическом плане. Полученные экспериментальные данные по сравнению с расчетными позволяют также оценить корректность принятого подхода и заложенных в него допущений.

В настоящей работе методом Муара на модельных образцах из свинца, легированного теллуром, изучалось деформированное состояние при срезе стружки (плоская задача) на начальной и установившейся его стадиях, т. е. решалась первая часть поставленной задачи.

Исходная информация, полученная из картин Муара, обрабатывалась на ЭВМ по программе исследования этапных деформаций. В работе было обеспечено оптимальное сохранение исходной информации при ее математической обработке с учетом физических условий и особенностей исследуемого процесса.

Как показал эксперимент, для начальной стадии среза стружки на передней грани инструмента, в области, прилегающей к резу, развитие деформаций затруднено. Напряженно-деформированное состояние в этом случае может быть описано фрагмен-

том поля Прандтля для вдавливания пуансона. Это поле показано на рис. 1, а. В соответствии с этим полем при предельном трении усадка стружки

$$\psi = \frac{a_2}{a_1} = \sqrt{2}, \quad (1)$$

где a_2 и a_1 – толщина сбегающего и набегающего слоев.

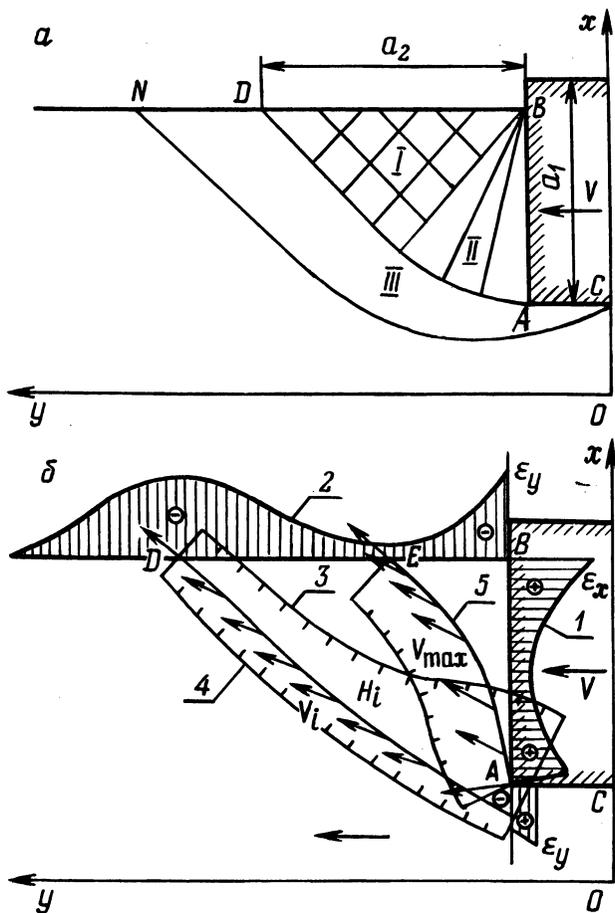


Рис. 1. Поле линий скольжения (а) и эпюры деформаций и скоростей на начальной стадии среза стружки (б).

По данным эксперимента, проведенного для начальной стадии стружкообразования, можно судить о величине усадки стружки. Наиболее интенсивное выпучивание свободной поверхности происходит вблизи точки Е (рис. 1, б), куда выходит траектория максимальных скоростей движения частиц АЕ, и затухает к точ-

ке D. Происходит как бы сдвиг по линии AD (траектория максимальных интенсивностей сдвиговых деформаций) и вытеснение области, заключенной между AD и контактной поверхностью инструмента, вдоль этой поверхности перпендикулярно направлению его перемещения. Таким образом, из эксперимента усадка стружки $\frac{a_2}{a_1} = \frac{BD}{AB} \approx 1,42$, что хорошо согласуется с (1).

На приведенном поле линий скольжения (рис. 1, а) можно видеть две характерные области: область I, в которой напряженное состояние близко к однородному; область неоднородного напряженного состояния II, определенную условиями трения на контакте. Граница теоретического поля линий скольжения совпадает с линией AD. Как показал эксперимент, вдоль границы

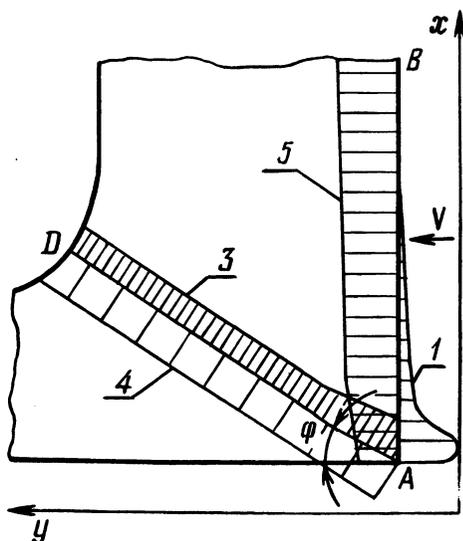


Рис. 2. Эпюры деформаций и скоростей на установившейся стадии среза стружки.

имеет место высокая интенсивность скоростей деформаций сдвига, однако разрыв скорости, предсказываемой теорией пластичности, в действительности не реализуется. Область III является областью затухания деформаций. Линия CN очерчивает границу области пластической деформации.

Учитывая, что угол сдвига φ (рис. 2) и усадка стружки Ψ связаны соотношением

$$\varphi = \text{arcctg } \Psi \geq \text{arcctg } \sqrt{2}, \quad (2)$$

Е.М.Макушом было получено выражение для угла сдвига в установившемся процессе резания в следующем виде:

$$\varphi = \varphi_0 - \Delta\varphi = \frac{\pi}{4} - \left(\frac{\pi}{4} - \text{arcctg } \sqrt{2}\right)\mu, \quad (3)$$

где φ_0 - угол сдвига для случая отсутствия трения; $\Delta\varphi$ - приращение угла за счет влияния сил трения; μ - коэффициент пластического трения (в нашем случае $\mu \approx 1$).

Вычисляя угол сдвига φ по формуле (3), получили его равным $\approx 30^\circ$, как и следует из эксперимента. Выявление границ

действительного очага деформации, отображаемого меридиональным полем линий скольжения, выходящим за пределы очага деформации жесткопластичного тела, позволяет в первом приближении оценить глубину наклепанного слоя, образующегося на поверхности заготовки после ее скальпирования. По данным эксперимента на свинце, глубина этого слоя равна примерно $0,4a_1$.

На рис. 1,б и рис. 2 показано распределение деформаций ϵ_x и ϵ_y на контактной и свободной поверхностях на начальной и установившейся стадиях стружкообразования соответственно.

Деформация ϵ_y (эпюра 1) на контактной поверхности является деформацией растяжения. Эпюра распределения деформаций показывает, что материал на начальной стадии течет в двух направлениях к точкам А и В, на установившейся стадии – в одном направлении к точке А. Деформация ϵ_y на свободной поверхности (рис. 1,б) является деформацией сжатия, эпюра 2 распределения деформации ϵ_y показывает, что материал на свободной поверхности течет к центру очага деформации в направлении жесткой области, где происходит выпучивание свободной поверхности. Распределение деформаций на свободной и контактной поверхностях неравномерно, причем на свободной поверхности (рис. 1,б) деформация ϵ_y вначале монотонно, а затем резко возрастает по направлению к контакту и к точке D пересечения свободной поверхности с плоскостью сдвига, на которой имеют место максимальные интенсивности скоростей деформаций сдвига. Это свидетельствует о том, что искривление свободной поверхности и бочкообразование наиболее интенсивно развиваются вблизи этих точек. Плоскостью максимальных интенсивностей деформаций сдвига аппроксимируем поверхность, проекция которой в плоскости чертежа совпадает с AD. Вдоль этой линии эпюрой 3 (рис. 1,б и рис. 2) показано распределение максимальных деформаций сдвига H_i , полученное из распределений H_i в сечениях $y = \text{const}$, эпюрой 4 – распределение полных скоростей движения частиц; направления скоростей показаны стрелками.

Максимальные скорости движения частиц на начальной стадии среза стружки имеют место на линии AE (рис. 1,б, эпюра 5), на установившейся стадии – на контактной поверхности AB (рис. 2, эпюра 5). Совпадение плоскости максимальных скоростей частиц с контактной поверхностью приводит к тому, что вдоль контактной поверхности происходит наибольший выброс материала и стружка начинает закручиваться.

М.К.Добровольская, канд.техн.наук
(СКТБ АТП НПО "Ритм")

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАСКРОЯ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА В САПР ХОЛОДНОШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Одним из прогрессивных направлений совершенствования технологической подготовки производства является автоматизация конструкторско-технологического проектирования на базе применения математических методов моделирования процессов проектирования и современной вычислительной техники. Внедрение автоматизированных методов проектирования позволяет сократить сроки технической подготовки производства, повысить качество проектных работ и долю творческого труда конструктора и технолога за счет освобождения их от выполнения часто повторяемых типовых процедур проектирования и трудоемких расчетов.

В Министерстве тракторного и сельскохозяйственного машиностроения в настоящее время разрабатывается система автоматизации проектных работ (САПР) холодноштамповочного производства, которая предусматривает частичную или полную автоматизацию всех основных этапов технологического проектирования соответствующего вида производства: отработку штампуемых деталей на технологичность, проектирование схем и технологии раскроя листового материала, технологии штамповки, конструирование штампов и проектирование технологии их изготовления, включая подготовку программ для обработки деталей штампов на станках с ЧПУ. САПР холодноштамповочного производства состоит из ряда подсистем, каждая из которых обеспечивает автоматизацию проектирования на одном из этапов технологической подготовки производства.

Автоматизация раскроя листового материала обеспечивается подсистемой РАСКРОЙ, которая состоит из следующих компонентов:

- автоматизированное проектирование раскроя полосы (ленты) при штамповке (компонент УКЛАДКА);
- автоматизированное проектирование схем и технологии раскроя листа на заготовки (компонент РАСКРОЙ ЛИСТА);
- автоматизированное проектирование схем и технологии раскроя рулонного материала на заготовки (компонент РАСКРОЙ РУЛОНА).

Структура компонентов и применяемые методы организации автоматизированного проектирования позволяют автономно ис-