

Появляющуюся серповидность полос после прокатки устраняли последующей правкой на правильном устройстве. Применение правильного устройства позволяет не только устранить серповидность, но и снимает остаточные напряжения после прокатки.

Были проведены исследования механических свойств материала заготовки до и после прокатки. Замечено значительное повышение прочностных характеристик вследствие нагартовки металла при прокатке. Так, предел прочности при растяжении после прокатки достигал 550 МПа, тогда как его величина в состоянии поставки не превышала 400 МПа.

Таким образом, результаты теоретических расчетов и экспериментальных исследований подтвердили возможность получения стальных полос 3×10 мм и $2,5 \times 16$ мм из пруткового материала, широко применяемых в настоящее время при изготовлении поворотных откидных устройств.

Литература

1. **Целиков, А.И.** Теория продольной прокатки / А.И. Целиков, Г.С. Никитин, С.Е. Рокотян. – М.: Металлургия, 1980. – 380 с.
2. **Суворов, И.К.** Обработка металлов давлением / И.К. Суворов. – М.: Высшая школа, 1980. – 364 с.
3. **Громов, Н.П.** Теория обработки металлов давлением / Н.П. Громов. – М.: Металлургия, 1978. – 360 с.
4. **Навроцкий, Г.А.** Навивка пружин на автоматах / Г.А. Навроцкий, Е.Г. Белков. – М.: Машиностроение, 1978. – 148 с.

УДК 621.70

Л.А. ИСАЕВИЧ, д-р техн. наук (БНТУ)

МЕХАНИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДЕФОРМАЦИЙ

Для анализа процессов деформирования при обработке металлов давлением С.И. Губкиным [1, 2] было введено понятие механиче-

ских схем деформации. Оно дает графическое представление о наличии и знаке главных напряжений и главных деформаций, являясь графической интерпретацией связи между напряжениями и деформациями. Механические схемы деформации представляют собой совокупность схем главных напряжений и схем главных деформаций.

Установлено, что напряженное состояние для данного конкретного процесса обработки металлов давлением характеризуется одной из девяти возможных схем главных напряжений и одной из трех возможных схем главных деформаций. Поэтому при одинаковой схеме напряжений для разных процессов схемы деформаций могут быть различны. С другой стороны, одинаковые схемы деформаций могут быть обусловлены различными схемами напряжений.

Согласно [1, 2] каждая из четырех объемных и трех плоских схем напряжений может сочетаться с любой из трех схем деформаций (рисунок 1). Каждая линейная схема напряжений сочетается лишь с одной из трех возможных схем деформаций. Так, линейная схема с напряжением растяжения имеет объемную схему деформации с одной компонентой удлинения и двумя компонентами укорочения. Линейная схема с напряжением сжатия имеет объемную схему деформации с одной компонентой укорочения и двумя компонентами удлинения.

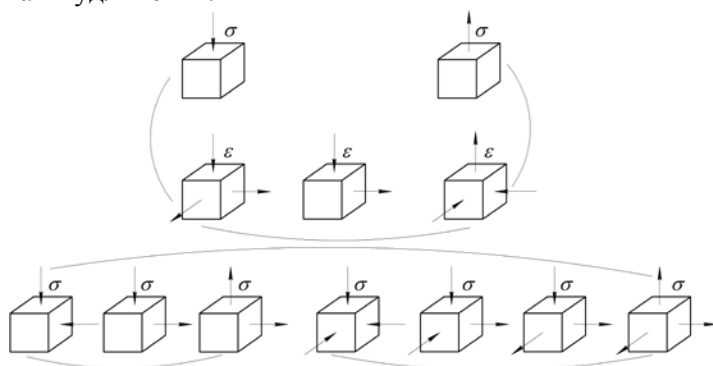


Рисунок 1 – Геометрическая интерпретация связи схем главных деформаций и главных напряжений

Таким образом, согласно [1, 2] число возможных механических схем деформации определяется как $2\sigma\varepsilon + (4+3)\sigma \cdot 3\varepsilon = 23\sigma\varepsilon$.

Попытаемся разобраться, так ли это на самом деле. На основании обобщенного закона Гука для случая пластического деформирования [1, 2] можно записать

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= \frac{1}{E'} \left[\sigma_1 - \frac{1}{2}(\sigma_2 + \sigma_3) \right] \\ \varepsilon_2 &= \frac{1}{E'} \left[\sigma_2 - \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) \right], \\ \varepsilon_3 &= \frac{1}{E'} \left[\sigma_3 - \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2) \right]\end{aligned}\quad (1)$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – главные напряжения, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – главные деформации, E' – модуль пластичности первого рода.

Рассмотрим плоскую схему деформаций. Пусть в нашем случае $\varepsilon_2 = 0$. Тогда из среднего уравнения системы (1) следует $\sigma_2 - \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) = 0$, и далее

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}. \quad (2)$$

Таким образом, для плоской схемы деформаций характерна объемная схема напряжений, в которой компоненты главных напряжений связаны зависимостью (2).

На основании данной зависимости попытаемся определить соотношения компонент главных напряжений для случая плоского напряженного состояния, когда, например, $\sigma_2 = 0$. Тогда из (2) следует, что $\sigma_1 + \sigma_3 = 0$. Но такое равенство возможно при условии, когда компоненты главных напряжений, стоящие в левой части равенства, будут равны между собой и иметь разные знаки, т.е.

$\sigma_1 = -\sigma_3$. Такое соотношение между главными напряжениями характерно для чистого сдвига, реализуемого в условиях плоского деформированного состояния.

Следовательно, плоская схема деформаций может сочетаться только с одной из трех схем плоского напряженного состояния (рисунок 2).

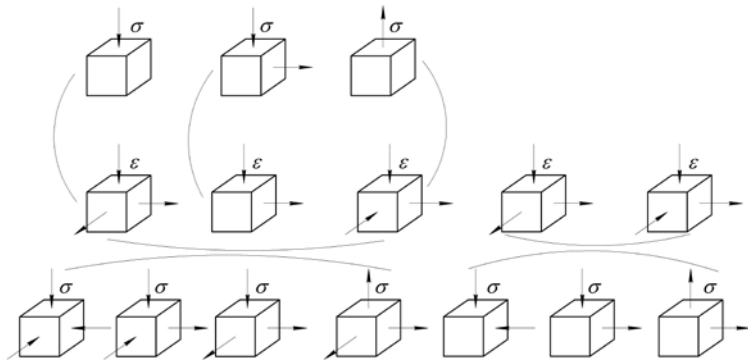


Рисунок 2 – Геометрическая интерпретация механических схем деформаций

Отсюда вытекает, что общее количество механических схем деформаций составляет $4\sigma \cdot 3\epsilon + 3\sigma \cdot 2\epsilon + 3\sigma\epsilon = 21\sigma\epsilon$.

Процессы обработки металлов давлением считаются механически сравнимыми, если они имеют одну и ту же механическую схему деформаций. На рисунке 3 представлены три процесса обработки металлов давлением.

Их анализ показывает, что они являются механически несравнимыми, поскольку имеют разные механические схемы деформаций. Так, у процессов осадки и прессования одинаковые схемы главных напряжений, но разные схемы главных деформаций. У процессов прессования и волочения одинаковые схемы главных деформаций, но разные схемы главных напряжений.

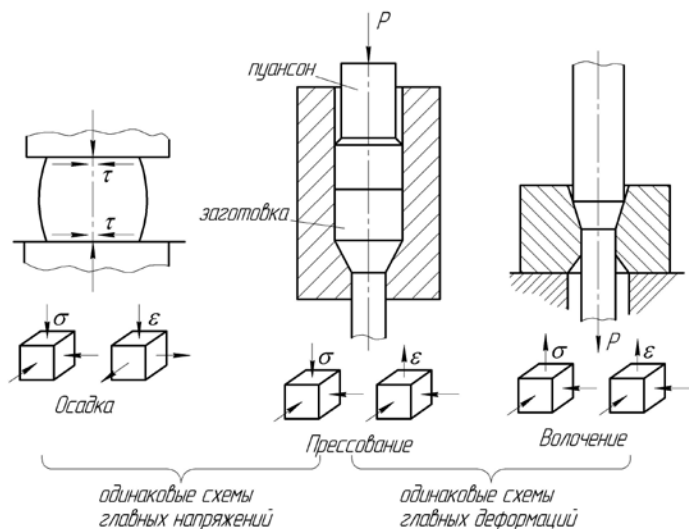


Рисунок 3 – Схемы процессов обработки металлов давлением

Таким образом, анализ механических схем деформаций позволил установить, что общее их количество равно 21, а не 23, как отмечалось ранее, поскольку схема плоской деформации может сочетаться только со схемой плоского напряженного состояния в условиях чистого сдвига.

Литература

1. Губкин, С.И. Теория обработки металлов давлением / С.И. Губкин. – М.: Metallurgizdat, 1947. – 532 с.
2. Губкин, С.И. Пластическая деформация металлов: в 3 т. / С.И. Губкин. – М.: Metallurgizdat, 1960. – Т. 1. – 376 с. – Т. 2. – 416 с. – Т. 3. – 360 с.