

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСЛОЙНОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВОЙ ПОЛОСЫ

С.В. Шишков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю.Л. Бобарикин

Любой процесс обработки металлов давлением сопровождается большей или меньшей неравномерностью деформации. При совместном пластическом деформировании металлов возникает еще и послойная неравномерность деформации.

Неравномерность послойной деформации является одной из самых важных и сложных задач теории совместного пластического деформирования. В общем случае неравномерность послойной деформации при совместном пластическом деформировании различных металлов зависит от ряда факторов: соотношения сопротивлений деформации материалов в состоянии совместной обработки; соотношения толщин слоев; величины и направления сил межслойного трения; величины и направления сил внешнего контактного (с поверхностью инструмента) трения; взаимного расположения слоев в многослойной заготовке; параметров пластической зоны.

Неравномерность послойной деформации определяет соотношение толщин слоев при производстве композита. Получив аналитические зависимости послойной деформации от технологических параметров, можно будет устанавливать такие параметры процесса изготовления, которые будут обеспечивать требуемые толщины слоев материала.

В качестве объекта исследования был взят процесс получения металлофторопластовой полосы. Причем при создании теоретической модели исследовался процесс калибровки полосы, т. е. когда прокатывается полоса, состоящая из трех разнородных слоев: стальная основа, бронзофторопластовый слой и фторопластовый слой.

Как уже говорилось ранее, послойная деформация зависит от соотношения сопротивлений деформации материалов в состоянии совместной обработки. Поэтому возникла необходимость получения законов упрочнения для каждого составляющего слоя.

Для построения кривых упрочнения были проведены испытания на сжатие. Для этого, согласно ГОСТ 25.503-80, были изготовлены цилиндрические образцы из фторопласта и пористой бронзы, пропитанной фторопластом. На испытательной машине образцы осаживались на 40 % с одновременной фиксацией усилия. По полученной диаграмме усилия были построены кривые упрочнения  $\sigma_s(\varepsilon)$  фторопластового и бронзофторопластового слоев (рис. 1, 2).

Методом аппроксимации были получены аналитические зависимости  $\sigma_{s\phi}(\varepsilon)$  и  $\sigma_{sбр}(\varepsilon)$ .

$$\sigma_{sбр}(\varepsilon) = 19,058 \cdot \varepsilon - 929,005 \cdot \varepsilon^2 + 9080,915 \cdot \varepsilon^3 - 22948,539 \cdot \varepsilon^4 \quad (a)$$

$$\sigma_{s\phi}(\varepsilon) = 0,002 - 211,184 \cdot \varepsilon + 4398,205 \cdot \varepsilon^2 - 18514,858 \cdot \varepsilon^3 + 25713,085 \cdot \varepsilon^4 \quad (б)$$

кривая упрочнения бронзофторопластового слоя

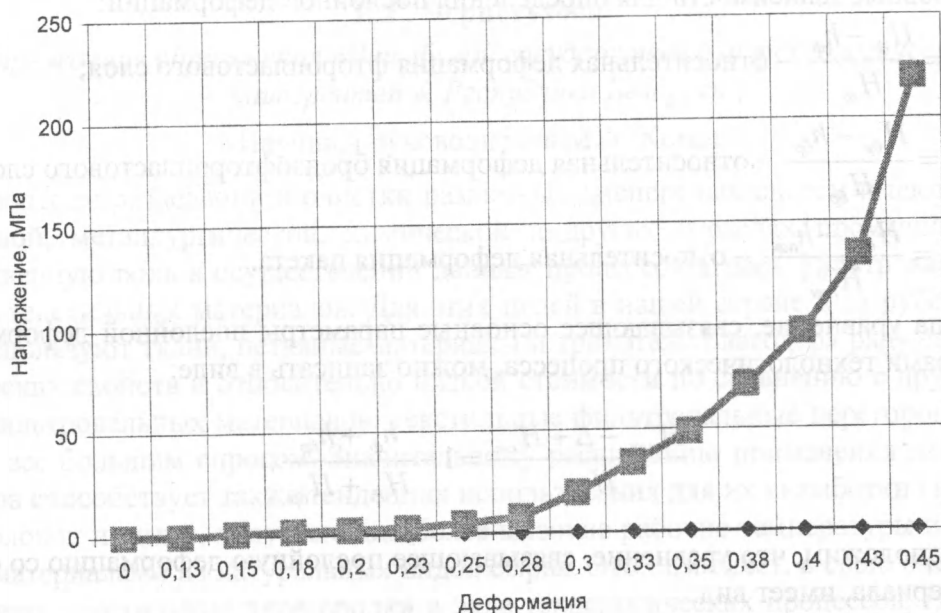


Рис. 1. Кривая упрочнения бронзофторопластового слоя

Кривая упрочнения фторопластового слоя

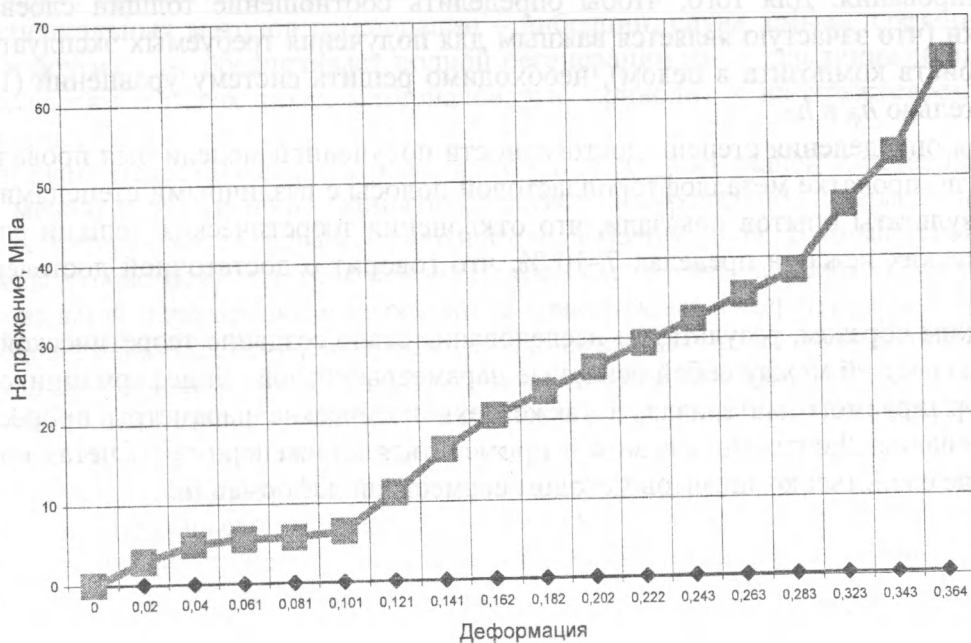


Рис. 2. Кривая упрочнения фторопластового слоя

Так как величина обжатия при прокатке относительно невелика, условно принимаем, что деформация стальной основы равна нулю.

Основные зависимости для определения послойной деформации:

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{H_{\phi} - h_{\phi}}{H_{\phi}} \text{ — относительная деформация фторопластового слоя;}$$

$$\varepsilon_{\text{бр}} = \frac{H_{\text{бр}} - h_{\text{бр}}}{H_{\text{бр}}} \text{ — относительная деформация бронзофторопластового слоя;}$$

$$\varepsilon_{\text{пак}} = \frac{H_{\text{пак}} - h_{\text{пак}}}{H_{\text{пак}}} \text{ — относительная деформация пакета.}$$

Тогда уравнение, связывающее основные параметры послойной деформации с параметрами технологического процесса, можно записать в виде:

$$\frac{H_{\text{пак}} - \Delta + H_{\text{ст}}}{H_{\text{пак}}} = 1 - \frac{h_{\phi} + h_{\text{бр}}}{H_{\phi} + H_{\text{бр}}}. \quad (1)$$

Предположим, что уравнение, связывающее послойную деформацию со свойствами материала, имеет вид:

$$\frac{\varepsilon_{\phi}}{\varepsilon_{\text{бр}}} = \frac{\sigma_{S_{\text{бр}}}(\varepsilon)}{\sigma_{S_{\phi}}(\varepsilon)}. \quad (2)$$

Таким образом, система уравнений (1) и (2) представляет собой теоретическую модель, связывающую между собой основные параметры послойной деформации, свойства деформируемого материала, а также технологические параметры процесса деформирования. Для того, чтобы определить соотношение толщин слоев после прокатки (что зачастую является важным для получения требуемых эксплуатационных свойств композита в целом), необходимо решить систему уравнений (1) и (2) относительно  $h_{\phi}$  и  $h_{\text{бр}}$ .

Для определения степени достоверности полученной модели был проведен ряд опытов по прокатке металлофторопластовой полосы с различными степенями обжатия. Результаты опытов показали, что отклонения теоретических толщин слоев от практических лежат в пределах 7–10 %, что говорит о достаточной достоверности модели.

Таким образом, результатом исследования стало создание теоретической модели, связывающей между собой основные параметры послойной деформации, свойства деформируемого материала, а также технологические параметры процесса деформирования. Данная модель может применяться в инженерных расчетах при производстве слоистых композитов методом совместной деформации.