

УДК 621.771.2: 621.771.8

Денищенко Н. П.,  
Бевз А. А.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРИ ПРОКАТКЕ СИММЕТРИЧНОГО БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЧЕТЫРЕХСЛОЙНОГО ПАКЕТА С СОЧЕТАНИЕМ СТАЛИ ОСНОВНОГО СЛОЯ Ст3, ПЛАКИРУЮЩЕГО СЛОЯ СТАЛИ 15X13

*Было смоделировано обжатие биметаллического пакета в черновой клетке стана 3000 за 7 проходов с суммарным обжатием 52 %. Исследовалась совместная деформация двух разнородных металлов с целью анализа напряженно-деформированного состояния.*

**Ключевые слова:** деформация двух разнородных металлов, биметаллический пакет, моделирование, формулировка Лагранжа-Эйлера, прокатка симметричного четырехслойного пакета, вытяжка лакирующего слоя.

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

На сегодняшний день значительную роль в металлургической промышленности занимает продукция, полученная из материалов, которые имеют неоднородные по своей толщине физико-механические свойства. Для следующего шага в повышении эффективности производства металлургической продукции необходимо расширять разнообразие выпускаемого сортамента готовой продукции как по размеру, так и по различному сочетанию используемых материалов.

Однако дальнейшее расширение сферы применения этой продукции связано с широкомасштабным освоением процессов обработки давлением многослойных полиметаллических материалов, что зачастую является сложной задачей как с точки зрения технологических режимов, так и с точки зрения конструктивных параметров используемого оборудования [1].

Использование известных методов создания необходимых процессов обработки давлением многослойных материалов приводит к понижению коэффициента выхода годного, а в некоторых случаях и вовсе нецелесообразности дальнейшего использования полученной технологии. Поэтому для реализации всего технологического

процесса производства данной продукции необходимо наличие научно обоснованного подхода к формированию как напряженно-деформированного состояния, так и основных показателей качества готовой металлопродукции [2].

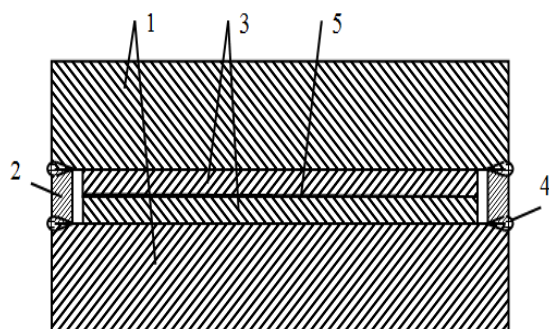
Существует сортамент двухслойных листов, в котором для лакирующего слоя применяются такие марки стали, как: 12X18H10T; 08H22H6T, 08X17H15M3T; 08X13, а для основного слоя — 09Г2С, 20К, Ст3.

Поэтому можно предположить отсутствие какого-либо экспериментального подтверждения процесса формоизменения составляющих биметаллического пакета с сочетанием марок сталей лакирующего слоя 15X13 и основного слоя Ст3 при прокатке симметричного четырехслойного пакета.

**Постановка задачи.** Задачей экспериментальных исследований является изучение процесса формоизменения составляющих биметаллического пакета при прокатке симметричного четырехслойного пакета.

**Изложение материала и его результаты.** Одним из видов производства биметаллов является пакетный. Применение некоторых технологических приемов, учитывающих особенности производства и состав технологического оборудования на конкретном предприятии, позволяет сни-

зить указанные негативные явления. Составляющие пакета представлены на рисунке 1. Длина основного слоя больше длины плакирующего слоя на 130–200 мм для предотвращения выдавливания планок в процессе деформирования.



1 — слэбы из углеродистой стали; 2 — планки;  
3 — пластины нержавеющей стали; 4 — сварной шов; 5 — разделительный слой

Рисунок 1 Четырехслойный пакет конструкции фирмы «Phoenix-Reinrohr»

Было выполнено моделирование четырехслойного пакета с размерами слэба основного слоя толщиной 100 мм и шириной 2000 мм, толщина плакирующего слоя 20 мм, ширина 1800 мм, длина слоёв 1200 мм. Изображение моделируемого пакета приведено на рисунке 2. Материалы основного слоя (Ст3) и плакирующего слоя (15X13) приняты изотропными.

Контакт между заготовкой и валком, плакирующим слоем и основным слоем

учитывали при помощи модели контакта «surface-to-surface contact» путём задания коэффициента трения  $\mu = 0,3$ , используя «classical isotropic Coulomb friction model» [3]. Валок представлен в виде аналитически жёсткой недеформируемой поверхности. В процессе моделирования деформации пакета использовали адаптацию сетки в формулировке Лагранжа-Эйлера.

Тип элементов — шестигранные элементы C3D8R и опции Hourglass control — Saffness [3]. В процессе описания данной модели учитывается симметричность моделируемого процесса относительно плоскости XZ и XY для сокращения времени расчёта.

В качестве моделируемого материала используем сталь Ст3 и 15X13 с химическим составом, представленным в таблице 1.

Было смоделировано обжатие пакета в черновой клетки стана 3000 биметаллического пакета за 7 проходов с суммарным обжатием 52%. Исследовалась совместная деформация двух разнородных металлов с целью исследования напряженно-деформированного состояния. Получены поля распределения эквивалентной пластической деформации. Получены поля распределения эквивалентной пластической деформации (рис. 3) и напряжений по Мизесу (рис. 4) по проходам.

Таблица 1

Химический состав сталей

Марка стали	Содержание элементов, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
Ст3	0,14–0,22	0,15–0,3	0,4–0,65	0,3	0,3	0,3	0,04	0,05	0,008	0,08
15X13	0,15	0,2–0,8	0,3–0,8	12–14	0,5	0,3	0,03	0,025	–	–

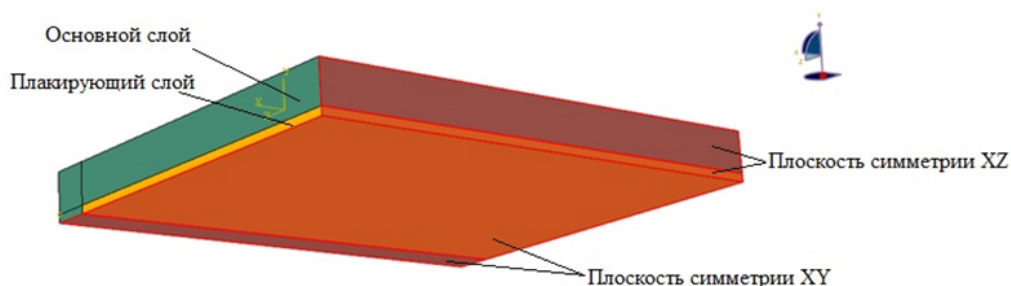


Рисунок 2 Модель пакета

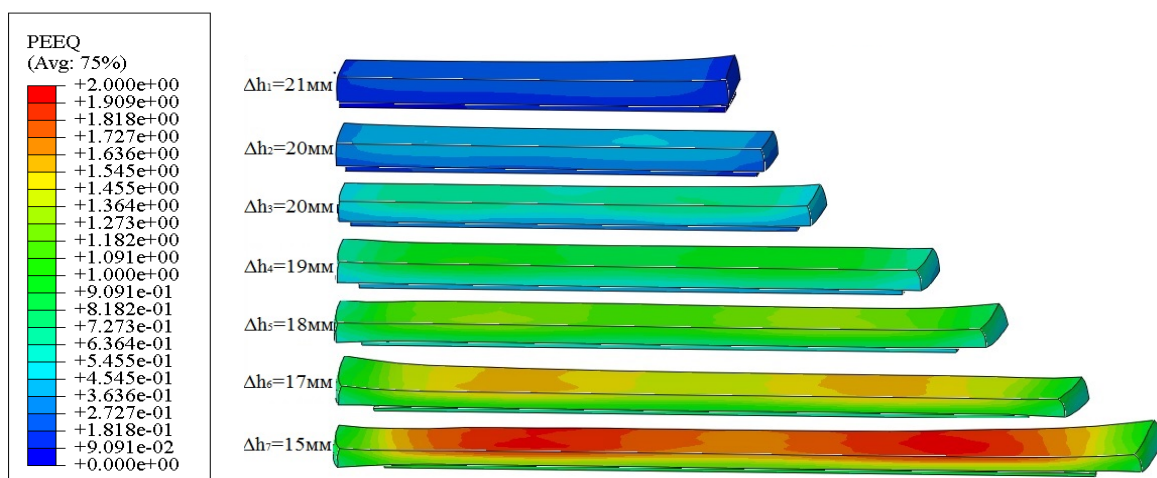


Рисунок 3 Поля распределения эквивалентной пластической деформации

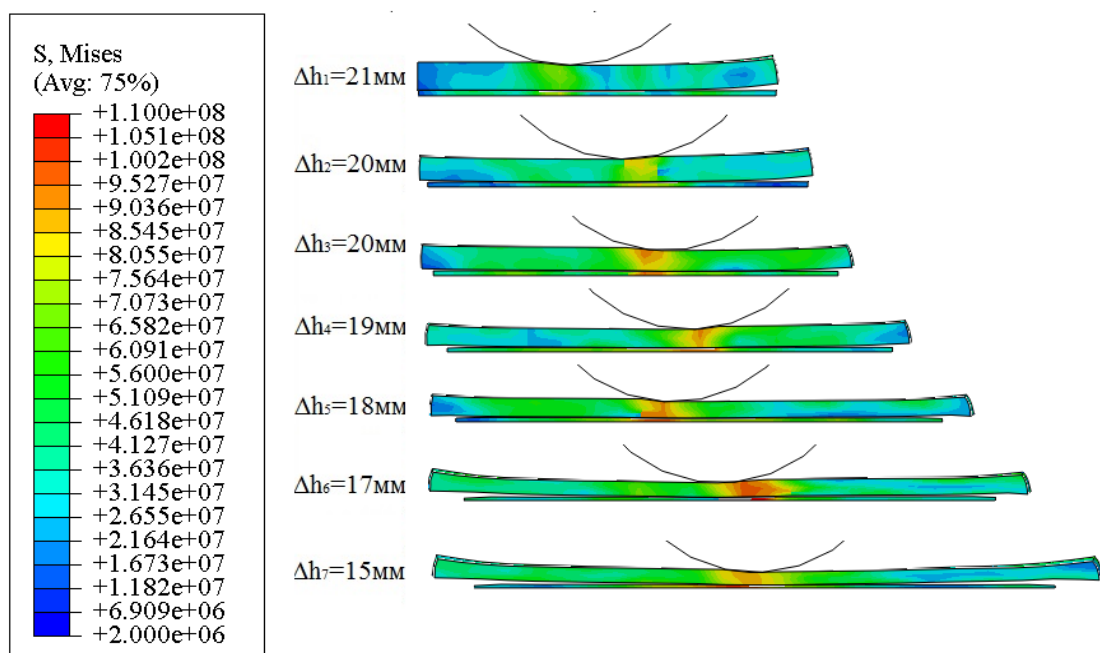


Рисунок 4 Поля распределения напряжений по Мизесу в очаге деформации при прокатке биметаллического пакета

**Выводы и направление дальнейших исследований.**

Из результатов моделирования видно, что вытяжка плакирующего слоя напрямую зависит от величины обжатия в каждом проходе. При прокатке симметричного четырехслойного пакета в первых двух проходах с суммарным обжатием 24,4 % видно, что напряжение проходит на всю глубину слоев и деформация основного слоя незначительно превышает деформацию плакирующего слоя за счет непосредственного контакта с валками. После третьего и четвертого прохода с суммарным обжатием 32 % поля распределения напряжений стали проникать именно в плакирующий слой. Так же стоит отметить, что после пятого прохода с суммарным обжатием 39,2 % поля распределения эквивалентной пластической деформации в основном слое стали равномерно распре-

делены по поверхности слоя, при этом длина основного слоя стала незначительно больше плакирующего слоя. При прокатке пакета в шестом проходе поля распределения напряжений в очаге деформации в основном и плакирующем слое практически выровнялись.

После 7 прохода видно, что вытяжка плакирующего слоя на 20 % меньше вытяжки основного слоя. Деформация не проникает на всю глубину пакета и сосредоточена на приконтактных с валком слоях основного слоя. На основании этого рекомендуется при сборке пакета применять плакирующий слой, длина которого может быть увеличена за счет усовершенствования конструкции пакета и соответствовать длине основного слоя с учетом фиксирующей рамки, что позволит снизить торцевую обрезь на величину наплыва основного слоя.

**Библиографический список**

1. Биметаллический прокат [Текст] / П. Ф. Засуха и др. — М. : Металлургия, 1991. — 248 с.
2. Производство двухслойных листов [Текст]: монография / В. А. Луценко, А. И. Беседин, А. В. Сатонин. — Алчевск : ДонГТУ, 2010. — 423 с.
3. Теоретические исследования процессов обработки металлов давлением на основе метода конечных элементов [Текст] : учебное пособие / П. В. Боровик. — Алчевск : ДонГТУ, 2012. — 170 с.

© Денищенко Н. П.

© Бевз А. А.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. МЧМ ДонГТУ Новохатским А. М., пом. нач. сортопрокатного цеха ПАО «АМК» к.т.н. Чичканом А. А.*

*Статья поступила в редакцию 10.10.17.*

Денищенко Н. П., Бевз А. А. (ДонГТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМОЗМІНИ СКЛАДОВИХ ПРИ ПРОКАТЦІ СИМЕТРИЧНОГО БІМЕТАЛЕВОГО ЧОТИРИШАРОВОГО ПАКЕТУ З ПОЄДНАННЯМ СТАЛІ ОСНОВНОГО ШАРУ СТ3, ПЛАКУЮЧОГО ШАРУ СТАЛІ 15Х13**

*Було змодельовано обтиснення біметалевого пакета в чорновій кліті стана 3000 за 7 проходів з сумарним обтисненням 52 %. Досліджувалася спільна деформація двох різнорідних металів з метою аналізу напружено-деформованого стану.*

**Ключові слова:** *деформація двох різнорідних металів, біметалевий пакет, моделювання, формулювання Лагранжа-Ейлера, прокатка симетричного чотирьохшарового пакета, витягування плакуючого шару.*

**Denischenko N. P., Bevz A. A.** (*DonSTU, Alchevsk, LPR*)

**MODELING OF THE PROCESS OF COMPONENTS FORMALIZATION WHEN ROLLING THE SYMMETRIC BIMETALLIC FOUR-LAYER SANDWICH WITH THE BASIC STEEL LAYER ST3, THE CLADDING STEEL LAYER 15X13**

*The compression of the bimetallic package was simulated in the roughing mill stand 3000 run for 7 passes with a total cobbing of 52%. The joint deformation of two dissimilar metals was studied to analyze the stress-strain state.*

**Key words:** *deformation of two dissimilar metals, bimetallic package, modeling, Lagrange-Euler formulation, rolling the symmetrical four-layer package, stretching of the cladding layer.*