

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОСКОСТИ РАЗДЕЛА НА РАСКРЫТИЕ ПАКЕТОВ ПРИ ПРОКАТКЕ

Луценко В.А. (ДонГТУ, Алчевск)

*В статье на основании экспериментальных исследований установлено влияние плоскости раздела на распределение деформаций в сечениях входа и выхода из очага деформации и, как следствие, на раскрытие пакетов.*

Применение биметаллов в промышленности обеспечивает значительную экономию дорогостоящих и дефицитных сложнелегированных сталей и цветных металлов. При этом для получения двухслойных коррозионностойких листов наибольшее распространение получил пакетный способ, обладающий рядом преимуществ, а одним из недостатков пакетного способа, особенно при использовании парносимметричного пакета, является наличие раскрытий пакетов при прокатке.

Результаты исследований, направленных на снижение количества раскрытий пакетов при прокатке, носят противоречивый характер, особенно в части величин обжатий. Так, в работе [1] предлагается прокатку пакетов вести с малыми обжатиями при соблюдении условия  $l_d / h_{cp} < 0.5$  до достижения суммарной вытяжки 2,5-3. Утверждение авторов основано на том, что в зоне плоскости выхода раската из валков действуют при  $l_d / h_{cp} > 0.5$  нормальные напряжения растяжения, что приводит к разрыву переднего конца пакета по сварному шву.

Однако данные, представленные в работе [2], показывают, что при прокатке четырехслойных пакетов с плакирующим слоем из титана при отношении толщины твердого слоя к мягкому, равном 3, при небольших степенях деформации наблюдаются разрушения пакетов.

В работе [3] в результате промышленной прокатки пакетов толщиной 10, 20 и 30 мм было установлено, что уменьшение обжатий часто приводит к разрывам пакетов по сварному шву – до 44.5 % от количества пакетов, прокатанных с минимальными обжатиями. Начиная с обжатий определенной величины, разрывов пакетов не наблюдалось, поэтому прокатку авторы рекомендуют вести с максимально допустимыми для данного стана обжатиями.

В работах [4,5] также рекомендуется увеличение обжатий в первых проходах настолько это допускают возможности стана, а из работ [6,7,8, 9] следует, что увеличение общего обжатия биметаллического пакета ведет к выравниванию деформации мягкого и твердого слоев. Повышение обжатия

способствует прочному сцеплению слоев и, следовательно, возникновению дополнительных напряжений – растягивающих в твердом и сжимающих в мягком слое, которые облегчают деформацию твердого и затрудняют деформацию мягкого слоя, т.е. ведут к выравниванию деформации слоев. Кроме того, с увеличением обжатия увеличивается отношение  $l_d/h_{cp}$ , что усиливает влияние дополнительных напряжений на выравнивание деформации.

Таким образом, применение больших обжатий приводит с одной стороны к выравниванию деформации компонентов биметалла и снижению вероятности раскрытия пакетов, а с другой к повышению скорости центральных слоев, что повышает вероятность раскрытия. Применение малых обжатий вызывает появление растягивающих напряжений в околосшовной зоне, что вызывает их разрушение [10].

.Поэтому целесообразным является рассмотрение условий, при которых негативное влияние больших и малых обжатий будет сведено к минимуму. Так, в работе [10] предлагается первые проходы производить с максимально возможными для данного стана обжатиями; при достижении толщины 130-150 мм прокатку производить с обжатиями 10-12 мм с понижением обжатия на 1-2 мм в каждом последующем проходе.

При этом, следует отметить, что в вышеприведенных работах не рассмотрено значительное отличие пакетов от сплошной заготовки, а именно наличие плоскости раздела между пластинами плакирующего слоя, в связи с чем целью данной работы является сравнение распределений деформации в сечениях входа и выхода при прокатке сплошных заготовок и пакетов с плоскостью раздела, совпадающей с плоскостью симметрии.

Исследование влияния плоскости раздела слоев на распределение деформации по сечению симметричного пакета и, как следствие, на их раскрытие, проводили методом координатных сеток на свинцовых образцах-пакетах, которые состоят из двух свинцовых пластин-обойм, соединенных между собой заклепками и спаянных по периметру, и свинцовых вкладышей, помещенных в паз, вырезанные в центре пластин (рис. 1).

Поверхности вкладышей шлифовали на шлифовальном круге и на одну из них наносили координатную сетку с размером ячейки 1,5x1,5 мм. В соответствии с рекомендациями [104] при помощи инструментального микроскопа измеряли координаты узловых точек. Соединение вкладышей парами производили при помощи сплава Вуда, после чего вкладыши с натягом помещали в пазы и спаивали с пластинами. Размеры пакета 44x225x290 мм, что моделирует промышленный пакет размерами 253x1290x1670 мм с масштабом моделирования 5,75.

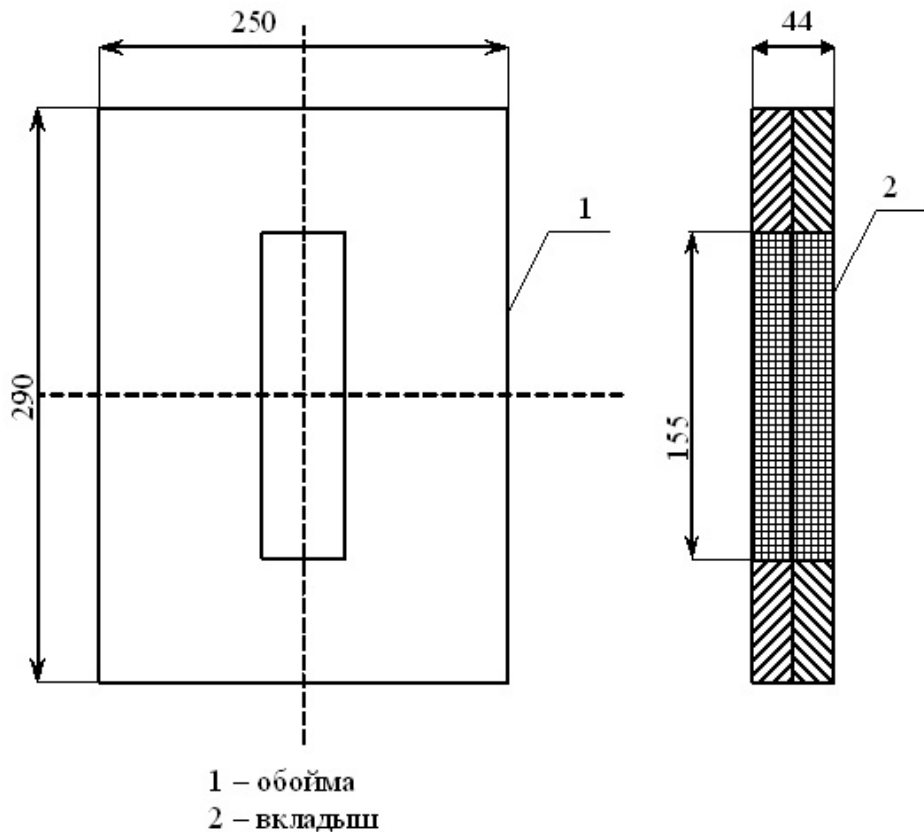


Рисунок 1 – Конструкція пакета

С целью определения влияния межслойного трения на распределение деформации изготавливали две партии пакетов – с обезжиренной межслойной поверхностью и с поверхностью, смазанной маслом. Кроме этого, для сравнения характера деформации по сечению пакета были изготовлены сплошные заготовки размерами 44x225x290 мм с двумя вкладышами.

Прокатку пакетов производили на лабораторном стане с диаметром валков 200 мм с обжатием от 3 до 30% с остановкой в валках для получения недоката. Коэффициент контактного трения был определен методом предельных обжатий и составлял 0,2 во всех опытах.

После прокатки вкладыши извлекали из пакета и на инструментальном микроскопе измеряли размеры ячеек в сечении входа и выхода из очага деформации и рассчитывали величину деформации по формуле

$$\varepsilon = \frac{1}{\eta} - 1,$$

где  $\eta = \frac{h}{h_0}$ .

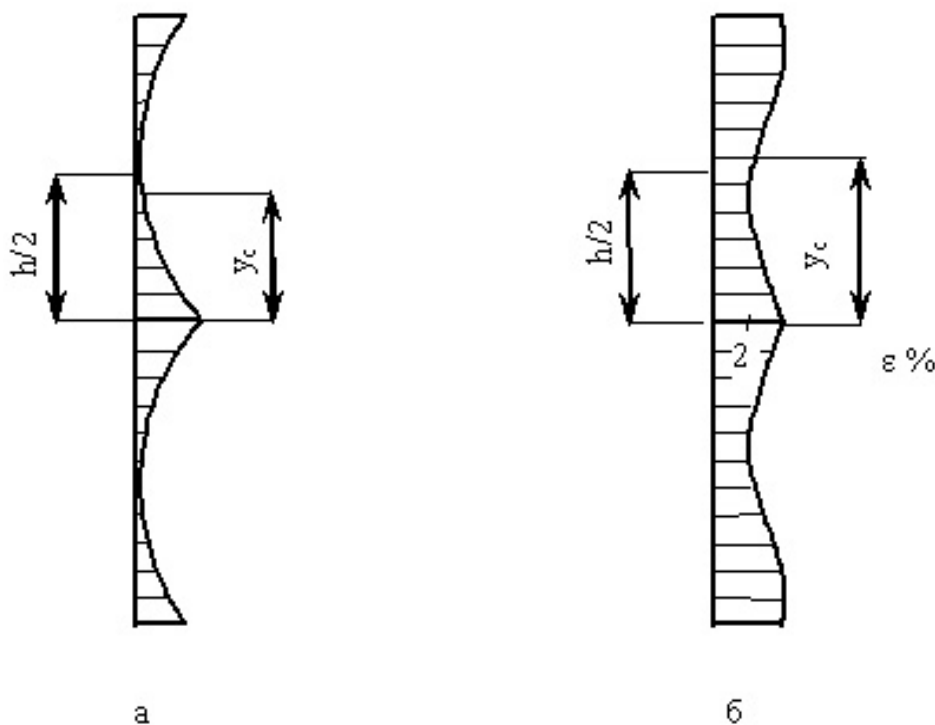
На основании расчета строили эпюры послойной деформации в сечениях входа и выхода из очага деформации и определяли координаты

центры тяжести эпюр  $y_c$ . Склонность пакета к раскрытию предложено характеризовать изменением показателя  $q$ , который представляет собой разность центров тяжести одной из половин пакета в данном сечении и эпюры деформации, отнесенную к высоте полосы в данном сечении (рис.2, 3)

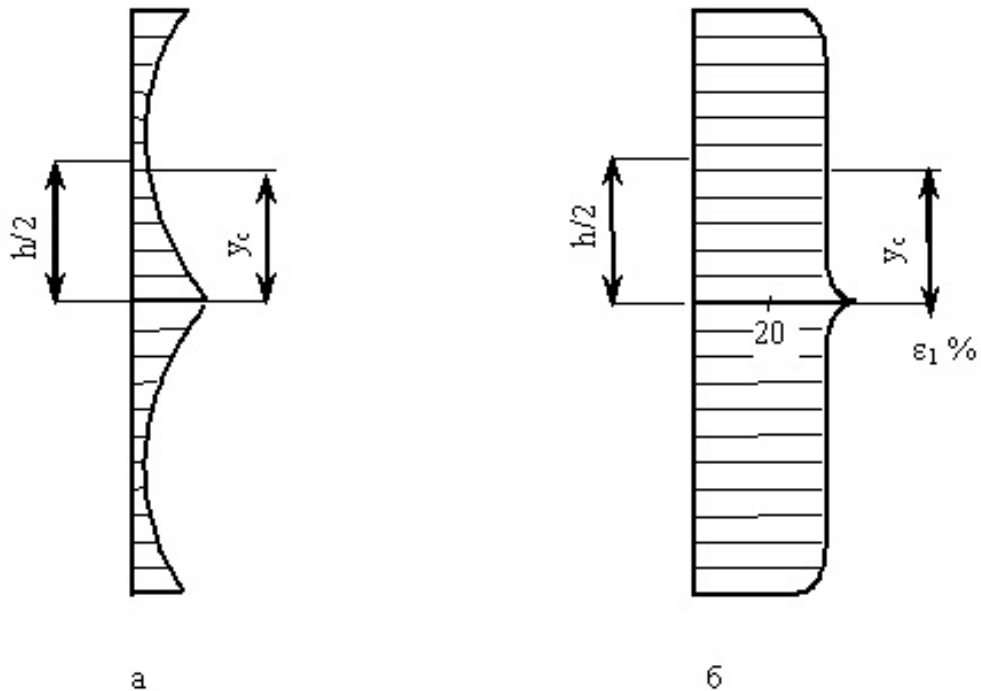
$$q = \frac{h/2 - y_c}{h}$$

Увеличение деформации центральных слоев относительно деформации приконтактных слоев при прокатке пакетов с плоскостью раздела приводит к увеличению момента, изгибающего компоненты пакета на валки, то есть к его раскрытию. А так как в результате обжатия частицы металла смещаются относительно нейтрального сечения в противоположных направлениях, то вероятность раскрытия при увеличении степени деформации возрастает либо на входе, либо на выходе из очага деформации.

На рис. приведена зависимость показателя  $q$  в сечениях входа и выхода из очага деформации при прокатке пакетов и сплошных заготовок.



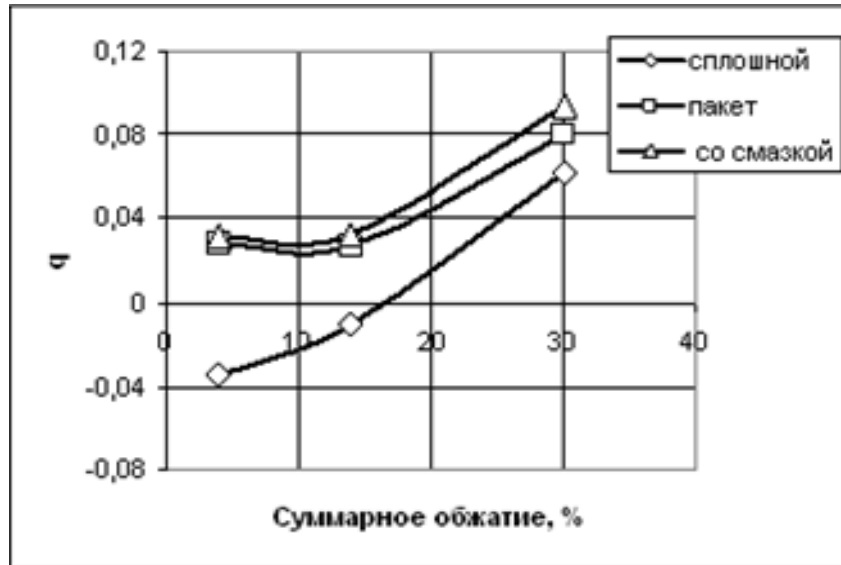
**Рисунок 2** – Эпюры распределения деформации по высоте пакета при прокатке с обжатием 4%: а – сечение входа в очаг деформации; б – сечение выхода из очага деформации



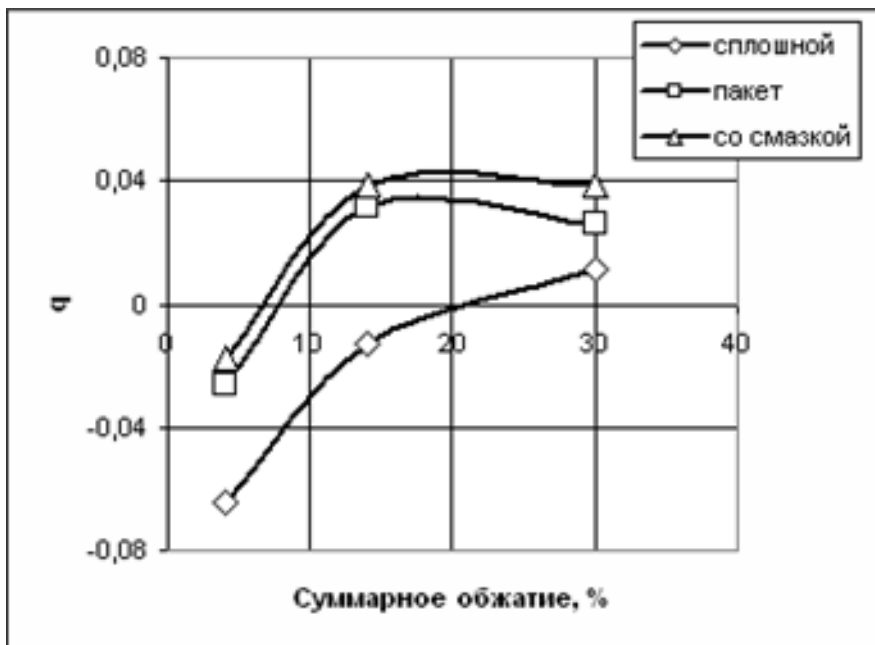
**Рисунок 3** – Эпюры распределения деформации по высоте пакета при прокатке с обжатием 30%: а – сечение входа в очаг деформации; б – сечение выхода из очага деформации

Приведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что увеличение обжатия от 3 до 15% приводит к повышению деформации центральных слоев в сечении выхода из очага деформации, а увеличение деформации от 12 до 30% приводит к повышению деформации центральных слоев в сечении входа, то есть увеличение обжатия в указанном диапазоне приводит к повышению вероятности раскрытия либо в сечении входа, либо в сечении выхода из очага деформации. При этом наличие плоскости раздела слоев в осе вой зоне значительно усиливает эту тенденцию. Снижение межслойного трения повышает деформацию слоев, прилегающих к плоскости раздела. Следовательно, при выборе материала разделительной обмазки следует учитывать то, что применение обмазок, содержащих компоненты, снижающие величину коэффициента трения (например, жидкое стекло), повышает вероятность раскрытия пакетов.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что наличие плоскости раздела значительно повышает вероятность раскрытия пакетов, особенно при повышенных обжатиях и низких значениях коэффициента межслойного трения. Поэтому наиболее приемлемым является режим обжатий, предусматривающий повышенные обжатия в первых проходах, когда толщина слябов основного слоя максимальна и изгиб их затруднен, и пониженные обжатия при достижении раскатами определенной величины, когда влияние плоскости раздела минимально.



а



б

**Рисунок 4** – Залежність показателя  $q$  від величини суммарного обжаття в сеченнях входу (а) і вихода (б) із очага деформації

#### Література

1. Хорошилов Н.М. Усовершенствование технологии производства двухслойных листов пакетным способом // *Черная металлургия. Бюллетень науч.-техн. информации / ЦНИИТЭИчермет.* – 1965. - №3 – С. 41.
2. Павлов И.М., Бринза В.Н. К вопросу о расслоении при прокатке биметалла // *Процессы прокатки.* – Вып. XV. - М.: Металлургия, 1962. – С. 152-159.

3. Теория и практика производства биметаллов / Аркулис Г.Э., Бояришинов М.И., Тарнавский А.П. и др.// Прокатное производство/ Материалы уральской н.-т. конференции прокатчиков. – Свердловск. –1968. - С.94-102.
4. Меандров Л.В. Двухслойные коррозионностойкие стали. - М.: Металлургия, 1970. – 228 с.
5. Андреюк Л.В., Соколов В.А., Пашнин В.А. Причины брака биметаллических листов// Черная металлургия. Бюллетень науч.-техн. информации / ЦНИИТЭИчермет. – 1966. - №14. – С. 42-45
6. Голованенко С.А., Меандров Л.В. Производство биметаллов - М.: Металлургия, 1966. – 304 с.
7. Пирязев Д.И., Дьяченко К.К., Сысоев В.Г. Пакетная прокатка двухслойных листов с основным слоем из легированной стали // Черная металлургия. Бюллетень науч.-техн. информации / ЦНИИТЭИчермет. – 1968. - №16 – С. 43-44.
8. Зильберг Ю.Я., Бакума С.Ф. Производство катаных биметаллических листов// Черная металлургия. Бюллетень науч.-техн. информации / ЦНИИТЭИчермет. – 1957 - №9 – С. 18.
9. Пирязев Д.И. Деформация металла при прокатке двухслойных и многослойных полос// Технология производства и свойства черных металлов. – Вып. X. - М.: Металлургия, 1964. – С. 202-209.
10. Луценко В.А. Разработка, исследование и внедрение технологии производства двухслойных листов, обеспечивающей снижение расхода металла: Дис... канд. техн. наук: 05.16.05. -Коммунарск, 1984.-249 с.

© Луценко В.А. 2008