

УДК 621.771.014.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕКОНТАКТНЫХ ЗОН В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Дмитрий Александрович Матурин, Андрей Игоревич Хоменко

*Студенты 3 курса,
кафедра «Оборудование и технологии прокатки»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Г.С. Никитин,
доктор технических наук, профессор кафедры «Оборудование и технологии
прокатки»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

Внеконтактные зоны оказывают существенное влияние на кинематику и динамику процесса прокатки. Отсюда вытекает несомненная важность с теоретической и практической точек зрения исследований течения металла и распределения деформаций по объему очага деформации [1].

Геометрический очаг деформации, находится между валками прокатного стана. Экспериментально установлено, что пластическая деформация распространяется на определенную глубину h_g , а объем между очагами деформации – это зоны внеконтактной деформации. На рис. 1 видна зона внеконтактной деформации.

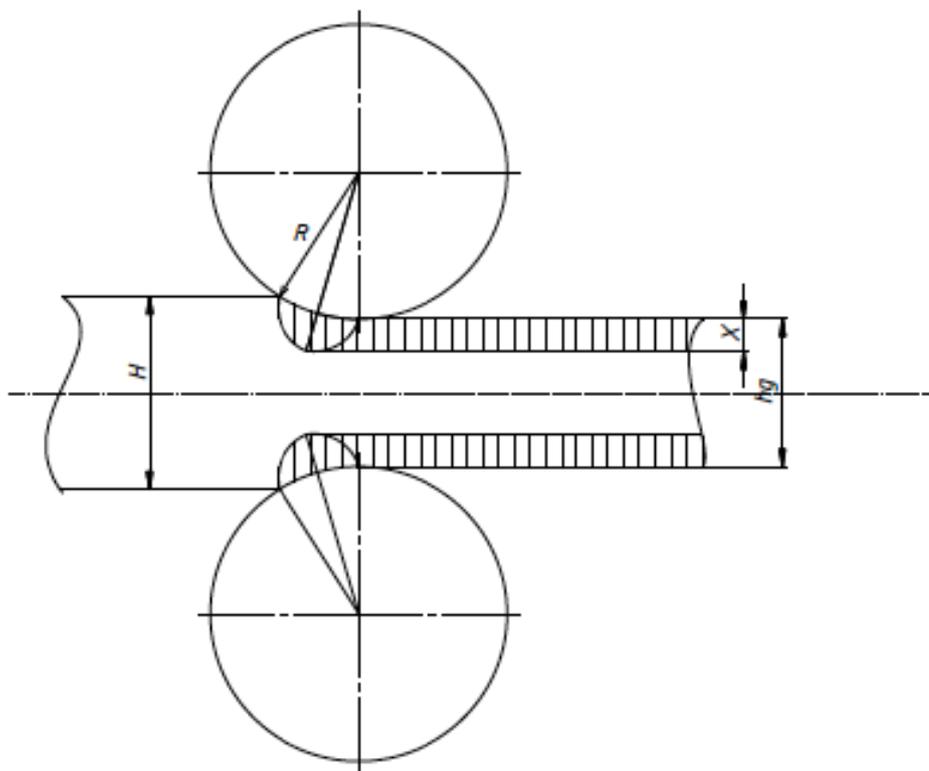


Рис. 1. Геометрия очага деформации при прокатке

При осадке высоких цилиндров $H > 3 d c$, $\varepsilon \approx 5 \dots 10\%$ максимальная деформация имеет место лишь в поверхностных слоях. Силы трения на контактной поверхности сдерживают деформацию, причем внутренняя масса металла устремляется в стороны и образует возле торцов бочкообразные выпуклости. При вытяжке высоких полос внутренняя часть сечения полосы должна иметь такую же вытяжку, как и верхние приконтактные слои. «Чем меньше относительная величина подачи, тем больше удлинение» [3]. По А.Д. Томленову при вытяжке $l/h < 1$, в центральной части полосы появляются растягивающие напряжения, достигающие величины σ_s .

Удлинение внеконтактных зон приводит к появлению подпора для обжимаемой части сечения полосы F_0 . С некоторым допущением можно считать, что весь смещенный объем идет на удлинение, а его размеры зависят от длины контакта (длина дуги захвата при прокатке) и глубины проникновения деформации h_g . Величина h_g определялась С.И. Губкиным, А.И. Целиковым, В.А. Ливановым, П.С. Истоминым. Более точно данная величина может быть определена численными методами. Влияние подпора на нормальное напряжение может быть учтено по формуле Симса коэффициентом n''''_σ

$$n''''_\sigma = 1 + \sigma_{\Pi} / 2\sigma^* \quad (1)$$

где σ_{Π} - напряжение подпора;

σ^* - напряжение растяжения во внеконтактной части сечения.

Нередко встречаются случаи, когда кроме продольных внеконтактных зон, действуют и боковые внешние зоны. Данные явления имеют место при прокатке квадратного профиля на ребро (рис. 2, а), а также при вытяжке полос круглого сечения в плоских бойках (рис. 2, б) и некоторых других, похожих по своей специфике технологических процессах, таких как прокатка двутавра (рис. 2, в), трубы на оправке (рис. 2, г) или полосы крестовидного сечения (рис. 2, д).

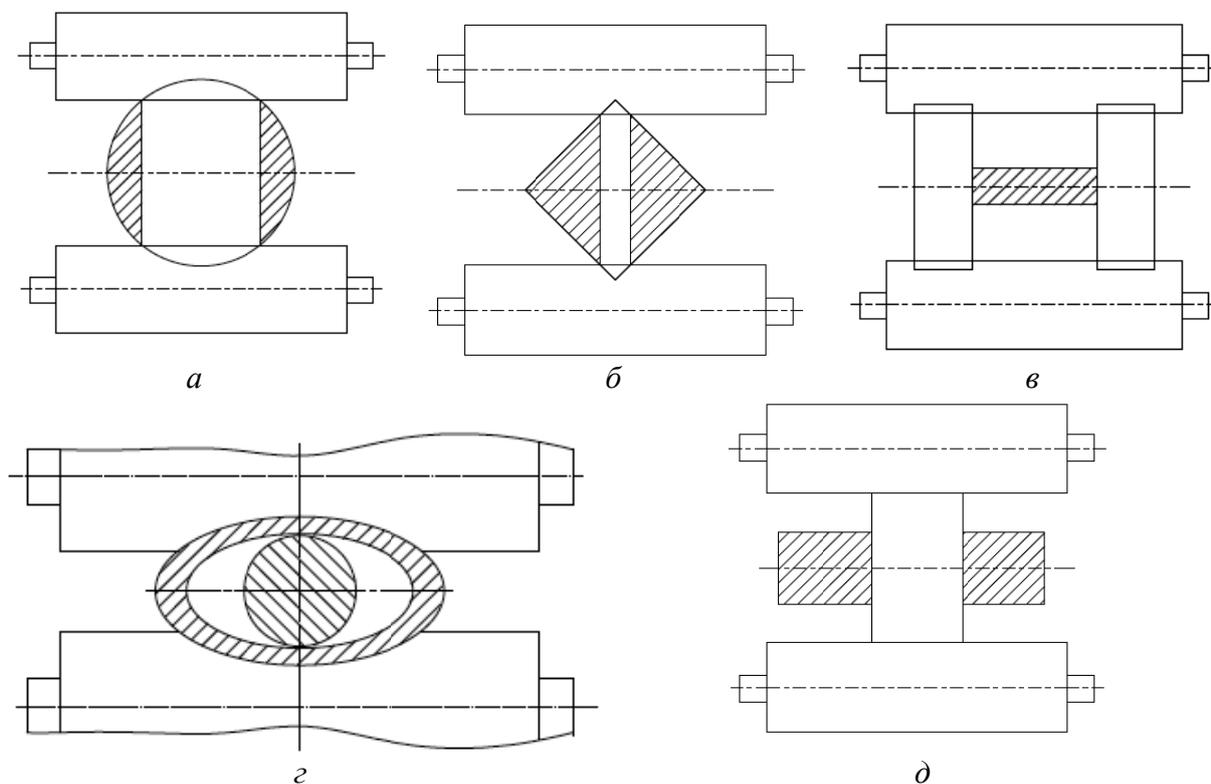


Рис. 2. Различные случаи внеконтактных зон

Во всех этих случаях есть обжимаемая часть сечения полосы и внеконтактная часть. Сила деформирования в этом случае во многом определяется площадями этих частей. Это обуславливается тем, что обжимаемая часть заготовки при деформировании будет иметь вытяжку, и внеконтактные зоны должны удлиниться на такую же величину. Они подвергаются растяжению, и именно растягивающие напряжения будут для обжимаемой части напряжениями «подпора».

Влияние данных зон можно выявить при деформировании образцов из свинца двумя различными способами: сжатием прямоугольных образцов размерами l, b, h между параллельными бойками, и местным сжатием образцов значительно большей длины на участке, ограниченном длиной l [2]. Это исследование было проведено В.В. Смирновым и А.И. Целиковым, которые предложили учесть влияние «внешних зон» коэффициентом n''_{σ} :

$$n''_{\sigma} = p/p' = (l/h_{cp})^{-0,4} \quad (2)$$

Влияние боковых внеконтактных зон на p_{cp} зависит от отношения площади поперечного сечения F к площади обжимаемого сечения F_0 . В работе произведен сравнительный анализ данных полученных А.И. Целиковым и В.В. Смирновым с расчетом значений коэффициента n''_{σ} по формуле Никитина Г.С.

$$n''_{\sigmaбок} = 0,6 + 0,4 F/F_0 \quad (3)$$

Где площади поперечного сечения F соответствует произведение геометрических размеров образца l и h , а площадь обжимаемого сечения:

$$F_0 = h_c l \quad (4)$$

Глубина проникновения деформации $h_c = 1,2l$, а l - длина контакта.

Исходя из полученных данных видно, что исследуемые методы по своим численным значениям несколько отличаются друг от друга. Причина различия в учете различных факторов.

Табл. 1. Значения коэффициентов n''_{σ} и $n''_{\sigmaбок}$

Размеры образца, мм		Отношение l/h	Метод Никитина (2 ^{ой} метод)	Метод Целикова (1 ^{ый} метод)
l	h			
30	5	0,167	2,600	2,20
15	2,5	0,167	2,600	2,15
25,5	5	0,196	2,300	1,80
30	7,5	0,250	1,933	1,73
25,5	7,5	0,294	1,733	1,50
30	10	0,333	1,600	1,60
15	5	0,333	1,600	1,52
25,5	10	0,392	1,450	1,42
30	15	0,500	1,267	1,40
15	7,5	0,500	1,267	1,30
25,5	15	0,588	1,167	1,17
15	10	0,667	1,100	1,16
15	15	1,000	0,933	1,08
30	30	1,000	0,933	1,00
25,5	30	1,176	0,883	1,03
15	30	2,000	0,767	1,05

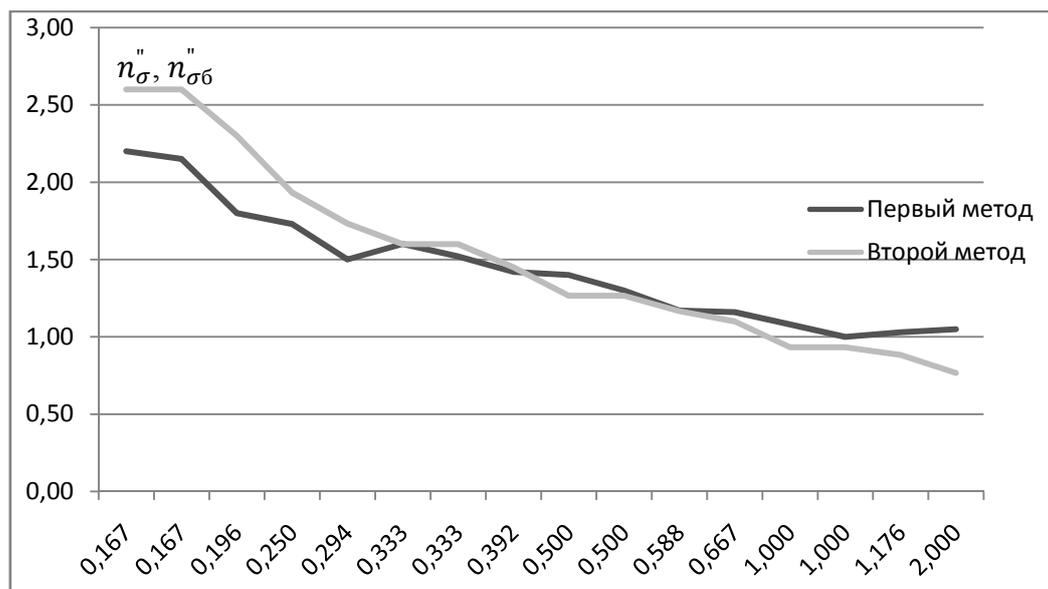


Рис.3. Зависимость коэффициентов n''_{σ} и $n''_{\sigma b}$

Несмотря на то, что расхождения в значениях этого коэффициента незначительны на данном исследуемом промежутке, они могут сильно различаться при исследовании образцов других геометрических размеров.

Данные расчета коэффициента по формулам (2) и (3) представлены в табл. 1.

На рис. 3 приводится сравнение значений n''_{σ} по формуле (2) и (3)

Может быть также использована и уточненная формула, определяющая влияние внеконтактных зон на процесс прокатки.

$$n''_{\sigma b} = 1 + \frac{0,4F/F_0}{(1 + \frac{\mu l}{2h_1})} \quad (5)$$

Данная зависимость является универсальной и учитывает как отношения площадей, контактной и полной, так и отношение геометрических параметров заготовки l/h , коэффициент трения μ .

Более точное и качественное определение коэффициентов, непосредственно влияющих на расчет энергосиловых параметров процесса прокатки, ведет к получению более точного результата значений силы прокатки, контактного давления, и т. д, что в свою очередь приводит к увеличению производительности, снижению расхода металла и энергоносителей. Учитывая то, что машиностроение является весьма энергоёмкой отраслью тяжелой промышленности, дальнейшие исследования в области определения энергосиловых параметров всегда были и останутся приоритетными.

Литература

1. Константинов И.Л., Загиров Н.Н., Иванов Е.В. Конспект лекций по дисциплине «Теория процессов прокатки, прессования, волочения». – Красноярск, 2008. – 11 с.
2. Никитин Г.С. Теория непрерывной продольной прокатки: учеб.пособие. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 102 с.
3. Сторожев М.А, Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением – М. : Машиностроение1972. – 279 с.