

СИЛЫ ТРЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ВОЛОЧЕНИЯ КАТАНКИ

Платов С.И., Некит В.А., Огарков Н.Н.

ФГБОУ ВО «МГТУ им.Г.И.Носова», г.Магнитогорск, Россия,
E-mail: psipsi@mail.ru, vladimir@nekit.info, ogarkovnikolai@mail.ru

Определение коэффициента трения проведено для процесса волочения прутка круглого поперечного сечения обратным методом. Механическая модель пластической деформации

в процессе протяжки полосы представляется закономерностями пластического течения металла в зоне опережения, на базе теоретических решений А.И. Целикова для процесса прокатки полосы. [1,2]. Модель основана на гипотезе плоских сечений.

Для зоны опережения распределение нормальных напряжений имеет вид [1,3]:

$$p = \frac{\sigma_s}{\delta} \left[(\xi \cdot \delta + 1) \left(\frac{h_x}{h} \right)^\delta - 1 \right] \quad (1)$$

где

σ_s - предел текучести,

ξ - коэффициент переднего натяжения (волочения),

δ - базовый параметр процесса прокатки,

h - толщина полосы после волочения.

Для определения усилия волочения необходимо определить коэффициент переднего натяжения ξ . Достаточным условием для этой цели является выполнение граничных условий по продольным напряжениям перед входом в валки.

При $x=L$

$$\sigma_x = q_o = 0 \quad (2)$$

где

q_o - напряжение противонапряжения.

Коэффициент переднего натяжения определяется из уравнения [3-7]:

$$\sigma_s + q_o = \frac{\sigma_s}{\delta} \left[(\xi \cdot \delta + 1) \left(\frac{H}{h} \right)^\delta - 1 \right] \quad (3)$$

Напряжение волочения q и коэффициент переднего натяжения связаны выражением:

$$q = (1 - \xi)\sigma_s \quad (4)$$

Решение системы уравнений (3-4) позволяет после преобразований получить формулу для определения напряжения волочения [1-2]

$$q = \sigma_s \frac{1 + \delta}{\delta} \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^\delta \right) \quad (5)$$

Для того, чтобы учесть обжатие в плоскости, перпендикулярной к рассматриваемой, можно воспользоваться методом суперпозиции и прибавить этот результат к начальному.

Расчеты и экспериментальные исследования проведены для случая волочения катанки из низкоуглеродистой стали со следующими характеристиками:

-сталь 08;

-диаметр катанки – 5,5мм;

-предел текучести катанки 300 МПа;

-полуугол волоки - 6°;

-длина калибрующего пояса равна длине очага деформации.

Исследовались три режима волочения, различающиеся степенью деформации, результаты представлены в таблице 1. Результаты расчетов технологических параметров волочения катанки представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Геометрические размеры заготовки и очага пластической деформации

№	Диаметр после волочения d мм	Относительное обжатие %	Относительный диаметр $\frac{D}{L}$	Длина калибрующего пояска мм.	Предел текучести после волочения МПа
1	4,92	20	1,88	2,77	500,1
2	4,25	40	0,82	5,93	612,7
3	3,48	60	0,46	9,76	705,4

Таблица 2 – Усилия и напряжения волочения проволоки с условиями трения, отвечающими экспериментальным результатам

№	Предельное усилие волочения Н	Усилие волочения Н	Напряжение волочения МПа	Напряжение волочения А МПа	Коэффициент трения
1	9519	7462	393	89,2	0,2
2	8704	8149	573	231,4	0,09
3	6709	8221	864,8	457,7	0,09

В соответствии с размерами очага пластической деформации следует выделить

$$\frac{D}{L}$$

режим волочения 1 (табл.1), в котором относительная высота $\frac{D}{L}$ составляет 1,88. Такой очаг пластической деформации с относительной высотой более 1,5 следует отнести к категории высоких (коротких) и для получения адекватного решения следует пользоваться, по крайней мере, двумерными решениями.

При реализации обратного метода определения коэффициента трения проведены расчеты усилия волочения, которые соответствуют экспериментальным результатам. Значения коэффициентов трения, полученных путем подбора, и результаты расчета представлены в таблице 2.

Известно теоретическое решение задачи волочения при отсутствии сил трения на поверхности контакта полосы и инструмента [1-2], напряжения волочения в этом случае определяются по формуле

$$\sigma_s = \sigma_0 \cdot \ln\left(\frac{1}{\mu}\right) \quad (6)$$

Результаты расчета по формуле (10) представлены в таблице 2, как напряжение А. Можно заключить, что энергии, затрачиваемые на пластическую деформацию и на преодоление сил трения одного порядка.

Определение коэффициента трения при волочении обратным методом по величине усилия деформирования предъявляет высокие требования к точности метода решения механической задачи. В работе представлено уточнение метода определения усилия волочения путем разложения его на две задачи плоской деформации и суперпозиции этих решений. Полученные результаты теоретического решения задачи волочения для случая волочения катанки использованы для определения коэффициента трения в процессе деформирования низкоуглеродистой стали диаметром 5,5мм и сопоставлены с результатами известного экспериментального определения усилия волочения [8-9].

Получены удовлетворительные результаты по оценке сил трения при деформации в условиях с низким очагом пластической деформации, расхождения при сопоставлении укладываются в интервал 15%. Для исследования параметров волочения в условиях с высоким очагом пластической деформации при относительном обжатии 20% и менее требуется использование более точных инструментов исследования (например, метод характеристик). Полученные значения коэффициентов

трения могут быть использованы при решении задач волочения полос [7-14], в том числе при волочении биметаллической проволоки [15-17] и при волочении в условиях с высоким очагом пластической деформации.

Список литературы:

1. Целиков А.И., Гришков А.И. Теория прокатки. М.: Металлургия, 1970. 358 с.
2. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. М.: Металлургия, 1971. 448 с.
3. Некит В.А., Платов С.И., Курбаков И.А., Голев А.Д. Экспериментальное исследование опережения и отставания при прокатке. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. № 1. С. 52-54.
4. Некит В.А. Механическая модель процесса прокатки-волочения тонких полос. Моделирование и развитие процессов ОМД. 2014. С. 114-118.
5. Некит В.А. О положении нейтрального сечения в очаге пластической деформации при прокатке полос. Моделирование и развитие процессов ОМД. 2012. С. 137-138.
6. Некит В.А. Условия трения и упругого сжатия валков при холодной прокатке листов и полос. Моделирование и развитие процессов ОМД. 2009. С. 101-104.
7. Некит В.А. Теоретическое обоснование условия захвата при установившемся процессе холодной листовой прокатки, Моделирование и развитие процессов ОМД. 2013 С.72-75.
8. Платов С.И. Совершенствование технических параметров обработки гибким инструментом катанки и проволоки перед волочением, Сталь – 2005 - № 5 – С. 84-86.
9. Платов С.И., Терентьев Д.В., Морозов С.А. Волочение катанки и проволоки с регламентируемым микрорельефом поверхности // Производство проката. – 2002. - № 4. – С. 27-28.
10. Платов С.И., Морозов С.А., Терентьев Д.В. Способы получения катанки с регламентированным микрорельефом поверхности и особенности ее волочения. В сборнике: Фазовые и структурные превращения в сталях. Магнитогорск, 2002. С. 333-338.
11. Платов С.И. Дема Р.Р., Кувшинов Д.А. Устройство для распыления жидкости. Патент на полезную модель RUS 110663 14.06.2011.
12. Платов С.И., Терентьев Д.В., Урцев В.Н., Морозов С.А. Способ подготовки поверхности заготовки для волочения. Патент на изобретение RUS 2196652 27.06.2001.
13. Платов С.И., Белов В.К., Анцупов В.П., Терентьев Д.В., Анцупов А.В., Анцупов А.В. Исследование микрорельефа поверхности катанки и проволоки после обработки. Вестник машиностроения. 2005. № 4. С. 29-31.
14. Платов С.И., Терентьев Д.В., Урцев В.Н., Морозов С.А., Макачук А.А., Славин В.С. Способ формирования микрогеометрии поверхности катанки и мелкого сорта. патент на изобретение RUS 2196650 27.06.2001
15. Огарков Н.Н., Шеметова Е.С. Влияние параметров шероховатости на сцепление оболочки и сердечника при волочении биметаллической проволоки В сборнике: Современные методы конструирования и технологии металлургического машиностроения Под редакцией Н.Н. Огаркова. Магнитогорск, 2015. С. 15-17.
16. Шеметова Е.С., Огарков Н.Н. Оценка длины контакта криволинейной волоки с деформируемым материалом с учетом ее упругой деформации Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 2. С. 38-40.
17. Огарков Н.Н., Шеметова Е.С. Оценка устойчивости пластической деформации оболочки при волочении биметаллической проволоки. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. № 1. С. 34-37.