

К ВОПРОСУ О ВНЕКОНТАКТНЫХ ЗОНАХ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ ПРОКАТКЕ

Ф.Е. Долженков, А.П. Митьев, С.В. Мануйленко (ДонНТУ, г. Донецк)

На основе скоростной съемки силы прокатки предложен новый метод и определена протяженность зон внеконтактной деформации со стороны входа и выхода металла из валков, а также их влияние на силу прокатки

Прокатываемый металл, находящийся в любой данный момент времени в геометрическом очаге деформации, ограниченном плоскостями входа и выхода полосы из валков, органически связан с металлом, примыкающим к этому очагу.

Благодаря неравномерности распределения высотных деформаций, особенно при прокатке высоких полос, скорости течения частиц металла по высоте раската также распределены неравномерно и их выравнивание происходит лишь за пределами геометрического очага деформации. В результате образуются внеконтактные зоны деформации, как на входе, так и на выходе полосы из валков. (Более логично было бы их именовать зонами затухания пластической деформации). Вместе с геометрическим очагом деформации они образуют фактический, или физический очаг деформации.

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. К сожалению, в последнее время интерес к исследованиям этой проблемы, особенно экспериментальным путем, заметно снизился. И материалы настоящей статьи являются попыткой восполнить этот пробел и возродить интерес к этой проблеме. Сложность ее решения заключается в изыскании методики определения протяженности внеконтактных зон очага деформации и их влияния на силовые условия в реальном процессе прокатки.

Одним из первых исследований внеконтактных зон, по-видимому, были опыты Т.М.Голубева [1]. Он изучал распределение пластических деформаций при прокатке образцов из пластилина. Наступление пластической деформации фиксировалось с помощью шариковых контактов. Прокатывали высокие полосы с показателем формы очага деформации $H/l_d > 2$.

Хотя методика эксперимента не отличалась высокой точностью ре-

зультатов, да и перенос последних с пластилина на металл требует определенных поправок, тем не менее, Т.М.Голубев впервые установил, что размеры фактического очага деформации могут существенно отличаться от геометрического.

А.И.Колпашников [2] границы физического очага деформации исследовал с помощью координатной сетки, нанесенной на боковую поверхность алюминиевых слябов. В процессе прокатки деформацию координатной сетки фиксировали скоростной кинокамерой. Для достижения этой же цели в другом эксперименте А.И.Колпашников и И.И.Иванов [3] использовали метод рекристаллизованного зерна. Образцы из холоднокатаной полосы алюминия, отожженные при температуре рекристаллизации, прокатывали с остановкой в валках. После этого проводили рекристаллизационный отжиг, изготовляли макрошлифы и по размеру зерен изучали распространение деформации по объему очага деформации. Качественно эти результаты совпали с результатами Т.М.Голубева.

И.Я.Тарновский и др. [4] для исследования распределения деформации в объеме очага деформации также применили метод координатной сетки. Но свинцовый образец составляли из отдельных полос с координатной сеткой, сплавленных в монолит с помощью сплава Вуда. После торможения в валках образец нагревали и разделяли на отдельные полосы. В результате установили, что расстояние от начала фактического очага деформации до плоскости входа металла в валки составляет 50-60% длины геометрического очага деформации. По мнению авторов, такой метод дает достаточно точное количественное представление о распределении деформаций не только на боковой поверхности, но и во всем деформируемом объеме.

А.П.Грудев и В.М.Полищук [5] исследовали наличие и протяженность внеконтактной зоны деформации со стороны входа металла в валки по утонению заторможенной в валках полосы. Результаты таких экспериментов во многом зависят от точности определения точки начала отсчета утонения полосы, установить которую достаточно трудно.

Эти и другие исследования, в том числе и направленные на установление влияния внеконтактных зон на сопротивление металла деформации при прокатке и ковке [6, 7, 8, 9, 10 и др.], подтвердили наличие внеконтактных зон и их влияние на силовые условия прокатки.

Тем не менее, нельзя не отметить, что условия проведения упомянутых экспериментов не всегда однозначно отвечали реальным условиям прокатки, во многих случаях недостаточна точность полученных результатов, в других внеконтактную зону измеряли только на входе металла в валки. И это свидетельствует о необходимости продолжения исследований внеконтактных зон деформации с использованием новых методов и

средств.

Одним из таких методов по нашему мнению является скоростная запись на осциллографе силы прокатки. Известно, что сила прокатки является наиболее чувствительным и точным индикатором любых изменений, происходящих в очаге деформации. Процесс изменения силы прокатки от начала захвата полосы валками до ее выброса из валков можно представить следующим образом.

С начала захвата полосы валками сила прокатки возрастает по мере увеличения степени деформации. При этом скорости течения частиц металла будут различными в соответствии с распределением обжатий по высоте полосы. Об этом свидетельствует форма переднего конца полосы, которая характеризует эпюру скоростей продольного течения частиц металла: при прокатке высоких полос ($H/l_d > 2$) она двояковыпуклая у поверхностей контакта и вогнутая посередине высота полосы, при прокатке тонких полос ($H/l_d < 2$) – она бочкообразная с выпуклостью по середине высоты полосы.

При выходе переднего конца полосы за пределы плоскости осей валков сила прокатки достигает некоторого значения, но на этом ее рост не останавливается, она продолжает расти. Дело в том, что свободному истечению частиц металла, имеющих большую скорость, начинают противодействовать частицы металла, вышедшие за пределы плоскости осей валков, и это противодействие будет нарастать по мере удлинения внеконтактной зоны, действуя подобно подпору. Соответственно будет возрастать и сила прокатки. Наконец, после выравнивания скоростей течения частиц металла сила прокатки достигнет своего полного значения, с учетом влияния внеконтактной зоны. Момент достижения силой прокатки максимального значения будет свидетельствовать об окончании зоны внеконтактной деформации со стороны выхода полосы из валков.

Одновременно получают сведения и о влиянии внеконтактной зоны на силу прокатки и наступлении стадии установившегося процесса прокатки.

Аналогичная картина будет иметь место и со стороны входа полосы в валки: падение кривой силы прокатки начнется на некотором расстоянии от плоскости входа металла в валки, определяемом размерами внеконтактной зоны, и будет продолжать снижаться до нуля в ходе освобождения металлом очага деформации.

Для проверки такого представления механизма нагружения валков в процессе заполнения металлом очага деформации и при выбросе полосы из валков провели эксперименты на лабораторном стане 100 ДонНТУ.

Привод валков осуществляется от электродвигателя постоянного тока мощностью 4,7 кВт через червячный редуктор и шестеренную клеть.

Диаметр валков 96 мм, скорость прокатки 80 мм/сек.

Силу прокатки записывали при помощи месдоз, установленных под нажимные винты. Месдозы тарировали в клетки динамометром сжатия ДОСМ-3. Сигналы от месдоз фиксировали при помощи гальванометров типа МОО5 на осциллографе Н-115 на ультрафиолетовую бумагу УФ6. Скорость протяжки ленты 200 мм/сек.

Прокатывали свинцовые образцы сечением $H \times B = 14,6 \times 14,2$ мм длиной 100 мм с обжатием от 20 до 50 % при отношении $H/l_d = 0,8 \dots 1,2$. Длину геометрического очага деформации на осциллограмме определяли по зависимости

$$l = l_d \frac{V_{\bar{\sigma}}}{V_n}, \quad (1)$$

где l - длина геометрического очага деформации на осциллограмме, мм;

l_d - длина очага деформации в натуре, равном $\sqrt{R \cdot \Delta h}$, мм;

$V_{\bar{\sigma}}$ - скорость протяжки ленты в осциллографе, мм/сек.

V_n - скорость прокатки, мм/сек.

По значениям l и l_d определяли масштаб, а по нему и протяженности зон внеконтактной деформации на входе и на выходе полосы из валков.

Силу прокатки определяли по тарировочным кривым в плоскости выхода металла из валков и в плоскости, проходящей через точку конца внеконтактных зон очага деформации. По их разнице вычисляли прирост силы прокатки за счет влияния внеконтактных зон.

Результаты обработки осциллограмм полностью подтвердили предположения о характере изменения силы прокатки при входе и выходе полосы из валков. Длина внеконтактной зоны очага деформации со стороны входа полосы в валки в интервале обжатий от 20 до 50% составляла в среднем от 0,42 до 0,53 длины геометрического очага деформации, а со стороны выхода - от 0,33 до 0,38 l_d . Так что протяженность фактического (физического) очага деформации в условиях опыта в 1,75...1,90 раза превышала длину геометрического очага деформации.

Прирост силы прокатки за счет внеконтактных зон деформации достигал 0,10...0,5 силы в пределах геометрического очага деформации.

Таким образом, предложенный способ позволяет с высокой точностью определять протяженность внеконтактных зон очага деформации на входе и выходе полосы из валков и их влияние на силу прокатки для реальной модели процесса прокатки.

Список литературы

1. Голубев Т.М. Распределение пластической деформации в прокатываемом металле // Теория и практика металлургии.–1937.– № 1.– С. 14 – 19.
2. Колпашников А.И. Течение металла при прокатке слитков из алюминиевых сплавов // Цветные металлы.– 1954.– № 4.– С. 65 – 68.
3. Колпашников А.И, Иванов И.И. Распределение деформаций при прокатке // Сб. Трудов МАТИ, вып. 28.– М.: Оборонгиз.– 1955.– С. 132 – 136.
4. Тарновский И.Я., Поздеев А.А., Ляшков В.Б. Деформация металла при прокатке.– М.: Металлургиздат.– 1956.– 257 с.
5. Грудев А.П., Полищук В.М. Внеконтактная деформация заднего конца полосы при прокатке на гладких валках // Прокатное производство. – Тр. ИЧМ. – Т. XXI. – М.: Металлургия.– 1965.– С. 212 – 219.
6. Музалевский О.Г. Исследование внутреннего течения металла и напряженного состояния в зоне деформации при прокатке // Сб. «Прокатные станы и технология прокатки».– М.: Машгиз.– 1958. Вып. 84.– С. 81 – 85.
7. Старченко Д.И., Савченко А.М. Исследование пластических деформаций при прокатке с помощью проволочных электротензометров // Известия вузов. Черная металлургия.– 1959.– № 7.– С. 109 – 112.
8. Перетягко В.Н. Исследование внеконтактных областей деформации // Известия вузов. Черная металлургия.– 1959.– № 12.– С. 241 – 245.
9. Целиков А.И, Смирнов В.В. Влияние внешних зон на сопротивление металла деформации при прокатке // Сталь.– 1952.– № 7.– С. 614 – 621.
- 10.Пушкарев В.Ф. К вопросу о влиянии внешних зон на сопротивление деформации при прокатке // Сб. «Прокатные станы и технология прокатки». М.: Машгиз.– 1958.– № 84. – С. 92 – 96.

© Долженков Ф.Е., Митьев А.П.,
Мануйленко С.В. 2005