

ОГИНСКИЙ И. К., канд. техн. наук, с.н.с, НМетАУ, г. Днепропетровск

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕМНОГО ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОКАТКЕ

Выполнены экспериментальные исследования объемного течения металла при прокатке на гладкой бочке. Выявлены характерные объемы очага деформации, экспериментально подтверждено, что металл, находящийся в границах очага деформации, включает два характерных объема, которые проявляются при повороте валка на угол контакта. При указанном перемещении валка, один из объемов (передний) покидает границы очага деформации, второй объем продолжает оставаться в названных границах. На основе установленных особенностей становится возможным внести уточнения в недостаточно раскрытые вопросы теории прокатки.

Ключевые слова: прокатка, параметр, объемное течение, единичный объем, остаточный объем

Виконано експериментальні дослідження об'ємної течії металу при прокатці на гладкій бочці. Виявлено характерні об'єми осередку деформації, експериментально підтверджено, що метал, який знаходиться в межах зони деформації, містить два характерні об'єми, які проявляються при повороті валка на кут контакту. При зазначеному переміщенні валка, один з об'ємів (передній) залишає межі осередку деформації, другий об'єм продовжує залишатися у названих межах. На основі встановлених особливостей стає можливим внести уточнення в недостатньо розкриті питання теорії прокатки.

Ключові слова: прокатка, параметр, об'ємна течія, одиничний об'єм, залишковий об'єм

The experimental researches of volumetric metal flow during rolling on the smooth barrel. The characteristic volumes of the deformation zone have been found, experimentally confirmed that metal in the boundaries of the deformation zone consists of two characteristic volume, which appear when the roll is being turned the to the contact angle. At the specified turn of the roll, one the volumes (the front one) leaves the deformation zone, the second volume continues to remain in the boundaries of the deformation zone. Basing on the established characteristics it becomes possible clarify the open questions of rolling theory.

Keywords: rolling, setting, volumetric flow, unit volume, residual volume

Течение металла при прокатке всегда привлекало внимание исследователей, что объясняется научной и практической важностью вопроса. Объемные преобразования при прокатке скрыты и малодоступны для прямого изучения, по этой причине использовались приемы, в основе которых было вынужденное нарушение сплошности металла: методы винтов, штифтов, координатных сеток и другие. На основе названных методов были получены важные научные и практические результаты [1, 2 и др.]. В последнее время активно развиваются поляризационно-оптические методы исследований [3], которые позволяют исследовать течение металла без нарушения его сплошности, однако объектом прямых исследований названных методов могут быть граничные области очага деформации, преимущественно, контактная поверхность металла с валком. Многие выводы относительно объемных

перемещений металла выполняются на основе закономерностей контактного взаимодействия [4-6 и др.]. Сведения об объемных преобразованиях в очаге деформации при прокатке, полученные на основе контактного взаимодействия металла с валком, являются неполными и по причине недостаточности информации выводы не всегда адекватно отражают явления, происходящее в объеме очага деформации. Следствием сказанного являются спорные положения и противоречия в современной теории прокатки, о чем говорится на страницах печати [7-9]. Исследователями предпринимаются попытки решить проблемные вопросы теории, но часто это происходит опять-таки на основе закономерностей контактного взаимодействия [8, 9 и др.].

Целью настоящей работы является анализ деформационных особенностей очага деформации при прокатке, выявление характерных объемов металла в очаге деформации и закономерностей объемного течения металла. В основе предлагаемых подходов лежат прямые методы исследования объемного течения металла при прокатке. На основе установления взаимосвязи между характерными объемами становится возможным внести уточнения в недостаточно раскрытые вопросы теории прокатки и в конечном итоге достичь необходимой точности решения прикладных задач.

Экспериментальным исследованиям предшествовал предварительный анализ возможных объемных перемещений металла в очаге деформации, анализ выполнялся на основе гипотезы плоских сечений. Названная гипотеза нашла широкое применение в теории прокатки, несмотря на то, что она выполняется с достаточной точностью лишь в ограниченных случаях. Исследователи предпринимают попытки исключить гипотезу плоских сечений из рассмотрения задач теории прокатки [8, 10], однако эффективных альтернативных решений пока не создано. В рассматриваемой задаче применение гипотезы плоских сечений оправдано для установления границ характерных объемов очага деформации, в другой форме это было бы трудноосуществимо. Использование гипотезы плоских сечений в нашем случае полезно в качестве инструмента наглядности, она позволяет наглядно показать перемещение металла в очаге деформации и за его пределами. Другим допущением является исключение из рассматриваемой задачи количественной оценки опережения. Включение опережения и уширения было бы сопряжено с дополнительной неопределенностью в части их взаимосвязи и характера образования. О том, что взаимосвязь между опережением и уширением в теории прокатки с достаточной точностью не установлены, говорится, например, в работах [7, 9]. Исключение опережения означает создание погрешности, соизмеримой с величиной опережения. Отсутствие уширения, вообще говоря, является не допущением, а частным и одновременно распространенным на практике, случаем.

В результате анализа были выявлены характерные объемные признаки очага деформации. Схема на рис. 1 является исходной в анализе объемного течения металла, в качестве базового принимается единичный объем V_e , заключенный между рабочими поверхностями валков и границами входа металла в валки и выхода из них, используются также общепринятые параметры и обозначения. Входной границей очага деформации считается плоскость,

соответствующая углу контакта α , выходной – плоскость осей валков. На рис. 2 приведены дополнительные параметры и их обозначения. Объем V_e при повороте валка на угол α деформируется и идет в вытяжку, при этом часть металла выходит за пределы очага деформации (за плоскость осей валков), часть остается в границах объема V_e . На рис.2 обозначены: V_1 – объем, вышедший из очага деформации за период поворота валка радиусом R на угол α , ΔV – остаточный объем – оставшийся в очаге деформации после поворота валка на угол α . Также на рис. 2 приведены дополнительные и вспомогательные параметры: l_{1e} , $\alpha_{\Delta V}$, $l_{\Delta V}$.

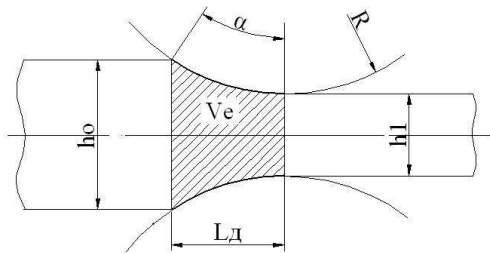


Рисунок 1 - Очаг деформации в исходном состоянии

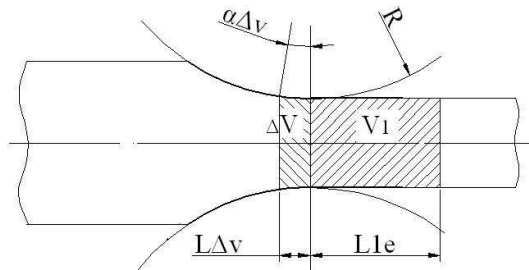


Рисунок 2 - Объем вышедший из очага деформации за период поворота валка на угол α

Экспериментальные исследования выполнены на лабораторном стане 200 кафедры обработки металлом давлением Национальной металлургической Академии Украины. Стан включает рабочую клетку дуо с валками диаметром 200 мм, длиной бочки 300 мм и линию привода валков, состоящую из редуктора, шестеренной клетки, универсальных шпинделей, соединительных муфт и электродвигателя переменного тока мощностью 30 кВт. В экспериментальных исследованиях использовались свинцовые образцы сечением 20×20 и $2 \dots 10 \times 40$ мм. В стоящей задаче при исследовании области малых обжатий (относительное обжатие составляло около 20 и менее процентов) предпочтение отдавалось образцам 20×20 мм, при средних и больших обжатиях предпочтительными становились образцы второй группы – шириной 40 мм. В том и другом случае было минимизировано уширение и его участие в формировании характерных объемов. В исследованиях объемного течения металла наряду со статическими измерениями параметров прокатки выполнялись наблюдения в ходе перемещений металла (в том числе с использованием видеосъемки) с применением новых методов и приемов, разработанных применительно к стоящей задаче. Исследования выполнялись в следующей последовательности. Из заторможенных валков отбирались недокаты (рис. 3), производился полный их обмер, расчетным путем определяли длину очага деформации, на образце рисками обозначались его границы (рис. 4).



Рисунок 3 - Недокаты образцов

В качестве рейсмуса (рис. 5) использовался вертикально установленный на подвижном основании штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм. После выполнения названных операций образец вновь задавался в валки, установленные с тем же зазором; производился контроль совмещения образца с местом его прежнего положения. После всего валки поворачивались на угол контакта α , производилась их остановка и отбирался новый недокат, устанавливались границы обновленного очага деформации, объемов V_1 и ΔV по той же методике (рис. 4, 5), производились замеры протяженности каждого из характерных объемов, результаты представлены в таблице.

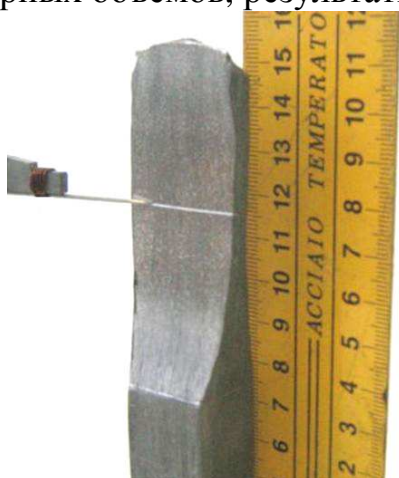


Рисунок 4 - Обозначение границ очага деформации на исходном недокате

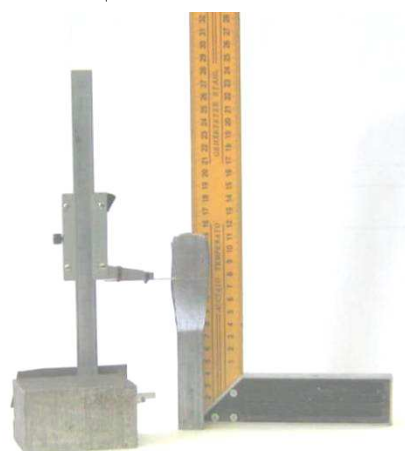


Рисунок 5 - Способ обозначение границ очага деформации

На рис. 6 представлены образцы, один из которых (рис.6 а) является исходным, на нем обозначен темной краской единичный объем V_e , на втором образце (рис.6 б) видно как после поворота валка на угол α V_e преобразовался в объемы V_1 и ΔV . Результаты исследований свидетельствуют о том, что выявленные особенности в виде образования объемов V_1 и ΔV наблюдается в исследованном диапазоне вытяжек $\lambda = 1,15...4,2$ и взаимосвязь между названными объемами является характерной для продольной прокатки.

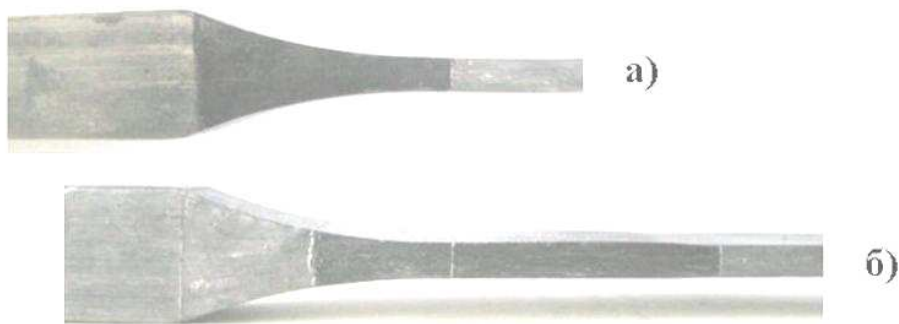


Рисунок 6 - Недокаты: а) – первичный, б) – после поворота на угол α

Таким образом, получило дальнейшее развитие представление об особенностях объемного течения металла при прокатке. Выявлены характерные объемы очага деформации, установлена функциональная взаимосвязь между ними. Экспериментально подтверждено, что металл, находящийся в границах очага деформации, включает два характерных объема, которые проявляются при повороте валка на угол контакта. При указанном перемещении валка, один из объемов (передний) покидает границы очага деформации, второй объем продолжает оставаться в названных границах. Установленные взаимосвязи позволяют расширить представление о физической стороне процесса прокатки, становится возможным внести уточнения в недостаточно раскрытые вопросы теории прокатки. Использование выявленных взаимосвязей позволяет создать более точные методы расчетов кинематических и энергосиловых параметров прокатки для решения прикладных задач.

Список литературы: 1. Тарновский И.Я. Формоизменение при пластической обработке металлов / И.Я. Тарновский – М.: Металлургиздат, 1954. – 534 с. 2. Тарновский И.Я., Поздеев А.А., Ляшков В.Б. Деформация металла при прокатке / И.Я. Тарновский, А.А. Поздеев, В.Б. Ляшков. – М.: Металлургиздат, 1956. – 287 с. 3. Шломчак Г. Г// Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. – 2002. – Т. 5, Пластична деформація металів. – С. 69-75. 4. Грудев А.П. Внешнее трение при прокатке. – М.: Металлургия, 1973. – 288 с. 5. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением / [А.Н. Леванов, В.Л. Колмогоров, С.П. Буркин и др.]. – М.: Металлургия, 1976. – 416 с. 6. Контактное взаимодействие металла и инструмента при прокатке / [Полухин П.И., Николаев В.А., Полухин В.П. и др.]. – М.: Металлургия, 1974. – 199 с. 7. Долженков Ф.Е. О некоторых противоречиях современной теории прокатки / Ф.Е. Долженков // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. – 2002. – Т. 5, Пластична деформація металів. – С. 121-124. 8. Зильберг Ю.В. Элементы теории прокатки без теории плоских сечений / Ю.В. Зильберг // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. – 2002. – Т. 5, Пластична деформація металів. – С. 102-111. 9. Долженков Ф.Е. Уширение, опережение и вытяжка при продольной прокатке (О некоторых противоречиях современной теории прокатки) / Ф.Е. Долженков // Известия вузов: Черная металлургия. – 2003. – № 5. – С. 41 – 44. 10. Илюкович Б.М. Методика построения математических моделей напряженно-деформированного состояния при прокатке сложных профилей с исключением гипотезы плоских сечений / Б.М. Илюкович, С.В. Ершов, А.Л. Толстопят // Известия вузов: Черная металлургия. – 2004. – № 11. – С. 26-29.