

Анотація

Найдек В. Л., Беленький Д. М., Пionтковська Н. С., Нарівський А. В.

Комбінована обробка алюмінієвих сплавів продувкою інертним газом та рідким флюсом

Розглянуто результати фізичного моделювання нової технології газофлюсового рафінування алюмінієвих сплавів, показано переваги розробленого процесу рафінування.

Ключові слова

газофлюсова обробка, розплав, алюмінієві сплави

Summary

Naydek V., Belen'ky D., Piontkovskaya N., Narivsky A.

The combined processing of aluminum alloys by purging with inert gas and liquid flux

The results of physical modelling of the new technology of gas-flux refining aluminum alloys were considered. The advantages of the developed process of refining are shown.

Keywords

gas-flux refining, melt, aluminum alloys

Поступила 26.05.10

УДК 621.771

И. К. Огинский

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Смещенный объем при прокатке

Выполнен анализ объемного течения металла, выявлены характерные объемы очага деформации, установлена функциональная взаимосвязь между ними, механизм образования смещенного объема при прокатке, а также проведен анализ взаимосвязей между смещенным объемом и другими характерными (смежными) объемами. Результаты анализа представлены в виде графических зависимостей безразмерных величин. Предложенные закономерности позволяют расширить представление о физической стороне процесса прокатки, взаимосвязях характерных объемов очага деформации. Использование выявленных закономерностей позволяет создать более точные методы расчетов кинематических и энергосиловых параметров прокатки для решения прикладных задач.

Ключевые слова: прокатка, параметр, смещенный объем, единичный объем, остаточный объем, угол захвата

Понятие «смещенный объем при прокатке» связывают с именем Финка, его считают основоположником метода определения работы прокатки на основе смещенного объема. Предложенная Финком логарифмическая зависимость была простой по своей структуре и одновременно неточной. Это вызвало необходимость поиска новых решений, известно много работ в этом направлении, их авторами являются: Киссельбах-Гульст, Прейслер, Вейс,

Кирхберг, Герман, Зибель, Грасгоф, Кодрон, Пупе, Виноградов, Гавриленко, Верещагин, Лисс, Петров и др. Появились полуэмпирические зависимости, содержащие всякого рода поправочные коэффициенты, и со временем было утрачено первоначальное физическое значение смещенного объема, которое Финк придавал своей ставшей широко известной формуле. Образовалась группа методов, в основе которых лежат признаки объемного течения металла,

и метод Финка стал одним из них. Созданные методы не отличались точностью, и продолжавшиеся поиски новых решений вылились в создание группы методов, в основе которых лежит контактное взаимодействие металла с валками. Методы второй группы получили более широкое развитие и распространение, несмотря на то, что они ставятся в зависимость от большого числа факторов, которые, в свою очередь, являются трудно определяемыми и не всегда однозначными. К числу последних относятся характер пластического трения при прокатке [1, 2] и кинематические и деформационные признаки течения металла при прокатке [2, 3]. Трудности, связанные с определением названных параметров даже при простой прокатке, не позволяют рекомендовать методы второй группы для более сложных случаев – условий сортового производства. Методы на основе объемного течения металла обладают более широкими возможностями по сравнению с методами второй группы. Необходимое условие для их успешного использования – физически корректное определение признаков перемещения металла в очаге деформации, к которым относится и смещенный объем.

Цель настоящей работы – анализ и развитие методов определения смещенного объема при прокатке. В основе предлагаемых подходов лежит исследование объемного течения металла при прокатке и выявление, в частности смещенного объема как составляющей энергетических параметров. На основе изучения механизма объемного течения металла становится возможным внести уточнения в недостаточно раскрытые вопросы теории прокатки и в конечном итоге достичь необходимой точности решения прикладных задач.

Формула Финка для определения смещенного объема имеет вид

$$V_{\text{см}} = V \ln \frac{h_0}{h_1} \quad (1)$$

Приведенное выражение включает отношение линейных размеров (отношение начальной высоты h_0 к конечной h_1) и не содержит какие-либо параметры, характеризующие объемное течение металла (объем прокатываемой полосы V является неизменной величиной). Все полученные другими авторами зависимости являются упрощенными и также не отражают какой-либо картины перемещения металла в очаге деформации. Исследователям не удалось выявить смещенный объем $V_{\text{см}}$ среди других объемных признаков. У Финка смещенный объем является функцией линейных характеристик, среди результатов других исследователей виден аналогичный подход. Смещенный объем, будучи составляющей энергетической характеристики процесса прокатки (работы прокатки), должен иметь своего рода «энергетическое наполнение», ставиться в прямое соответствие величине затраченной работы. Задача состоит в том, чтобы из возможных объемных перемещений в очаге деформации выявить то, которое в наибольшей степени отвечает затраченной работе.

Установим вначале исходные положения, на которых будет базироваться определение смещенного

объема. В теории прокатки при рассмотрении течения металла и изучении кинематических закономерностей используется гипотеза плоских сечений. О невыполнимости гипотезы плоских сечений во многих случаях прокатки известно достаточно давно и в последнее время возникают альтернативные предложения, связанные с исключением гипотезы из пользования [4, 5]. Вместе с тем методов исследований, позволяющих обходиться без названной гипотезы, в теории прокатки не создано, а в некоторых случаях ее применение становится достаточно оправданным, поскольку она позволяет выделить особенности качественной картины процесса прокатки. В рассматриваемой нами задаче использование гипотезы плоских сечений целесообразно для установления границ характерных объемов очага деформации и дополнительных его параметров. Представить в другой форме это было бы затруднительно, по меньшей мере, на начальном этапе выявления характерных признаков смещенного объема. Использование гипотезы плоских сечений в нашем случае позволяет наглядно показать перемещение металла и образование смещенного объема. Другим допущением является исключение из рассматриваемой задачи опережения металла на контакте с валком ($S = 0$); принимаем также, что отсутствует уширение ($\Delta b = 0$). Два последних допущения ($S = 0$; $\Delta b = 0$) можно считать необходимостью, поскольку включение опережения и уширения в рассматриваемую задачу 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 установлена, говорится, например, в работах [6,7]. Принимая допущение, что опережение отсутствует, вводим погрешность, соизмеримую с величиной опережения. Погрешность, достаточно прогнозируемая по своей величине, составляет несколько процентов. Отсутствие уширения является не допущением, а частным случаем, тем не менее распространенным на практике.

Для построения модели смещенного объема используем общепринятые обозначения параметров, часть из них показана на рис. 1. Введем дополнительные параметры, их обозначения представлены на рис. 1-3 (единицы измерений: объемов – мм³, линейных величин – мм). Исходным для рассмотрения служит единичный объем V_e , он заключен между рабочими поверхностями валков и границами входа металла в валки и выхода из них. Входной границей

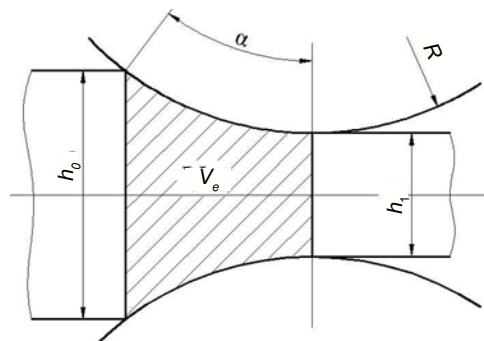


Рис. 1. Очаг деформации в исходном состоянии – до прокатки, V_e – единичный объем, мм³

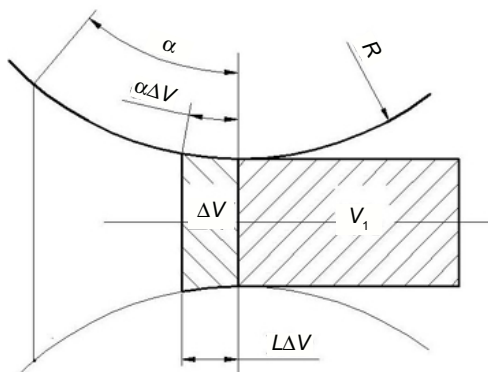


Рис. 2. Очаг деформации после поворота валка на угол α : V – остаточный объем; V_1 – объем, вышедший из очага деформации за период поворота валка

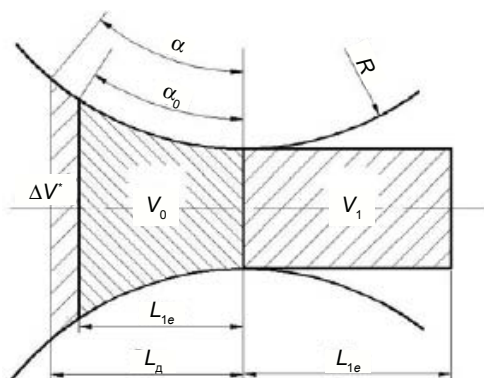


Рис. 3. V^* – объем, равный по величине остаточному объему; V_1 – объем, вышедший из очага деформации за период поворота валка на угол α ; V_0 – объем, которому предстоит выйти из очага деформации после поворота валка

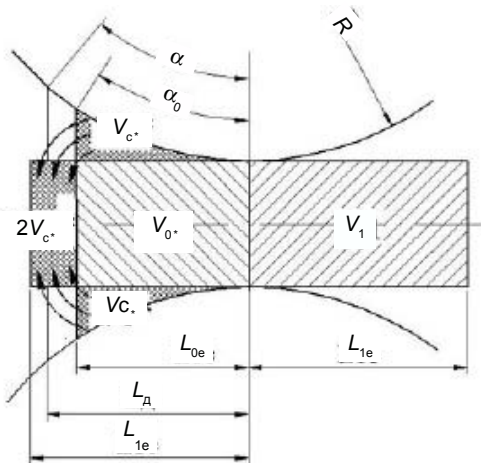


Рис. 4. ΔV^* – объем, равный по величине остаточному объему; V_{c^*} и V_{0^*} – составляющие объема V_0

очага деформации является плоскость, соответствующая углу контакта α , выходной – часть плоскости осей валков (высотой h_1 и шириной b_1).

Единичный объем можно представить в виде двух характерных объемов (частей). За время поворота валка на угол α часть металла выходит за пределы плоскости валков, а вторая остается в очаге деформации, в его выходной области. Названное обстоятельство не привлекало внимание исследователей, вместе с тем оно весьма существенно, так как было одним из элементов в построении картины смещенного объема.

V_1 – объем металла, вышедшего из очага деформации за время поворота валка радиусом R на угол α ; ΔV – объем металла, оставшегося в очаге деформации после поворота валка на угол α , остаточный объем, является частью единичного; V_0 – объем металла, находящегося в очаге деформации, равный по величине объему V_1 , и которому предстоит выйти из очага деформации за период поворота валка на угол α

$$V_0 = V_1. \quad (2)$$

V_c – единичный объем, смещенный за время поворота валка на угол α (кинематически смещенный объем – энергетическая составляющая работы); ΔV^* – объем металла, которому предстоит остаться в очаге деформации после поворота валка на угол α , равен объему ΔV

$$\Delta V = \Delta V^*. \quad (3)$$

l_{1e} – длина раската, вышедшего из очага деформации за период поворота валка на угол α , при отсутствии опережения ($S = 0$), которая составит

$$l_{1e} = R\alpha, \quad (4)$$

α_0 – центральный угол, соответствующий положению входной границы объема V_0 ; $\alpha_{\Delta V}$ – центральный угол, соответствующий положению входной границы объема ΔV ; $l_{\Delta V}$ – протяженность участка очага деформации, соответствующая углу $\alpha_{\Delta V}$.

На рис. 1 показан очаг деформации в исходном состоянии – до прокатки, на рис. 2 – после поворота валка на угол α .

Объем вышедшего из очага металла составит

$$V_1 = R\Delta\alpha h_1 b_1. \quad (5)$$

Соответственно, объем ΔV составит

$$\Delta V = V_c - V_1. \quad (6)$$

Единичный смещенный объем V_c формируется в пределах объема V_0 (рис. 4), включает два типа характерных объемов – примыкающие к валкам V_{c^*} и

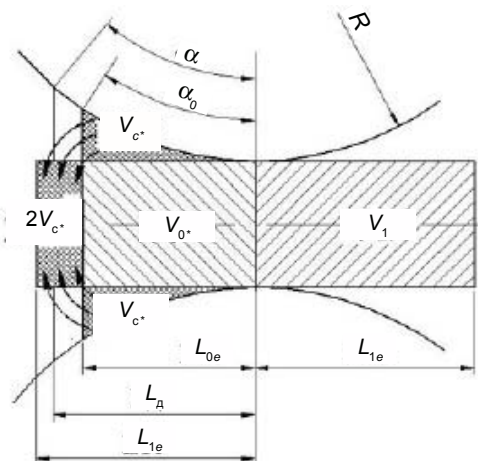


Рис. 5. V_{c^*} – составляющие смещенного объема V_c ; $2V_{c^*}$ – смещенный объем

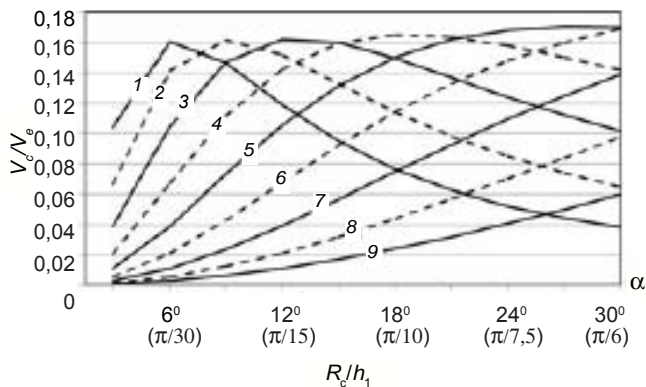


Рис. 6. Зависимость отношения V_c/V_0 от параметров прокатки: α и R/h_1 (1 – 200; 2 – 100; 3 – 50; 4 – 25; 5 – 12,5; 6 – 6,25; 7 – 3,13; 8 – 1,56; 9 – 0,78)

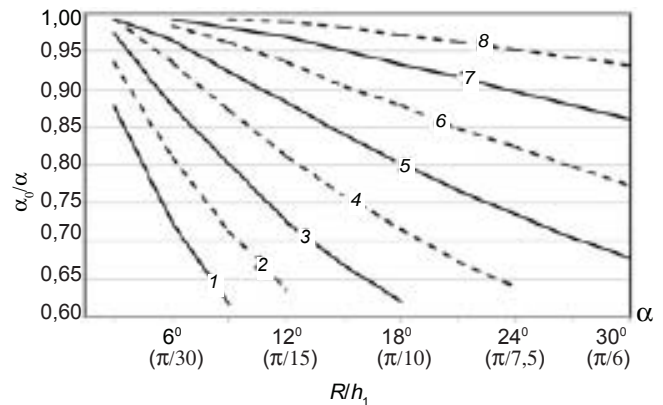


Рис. 7. Зависимость отношения α_i/α от параметров прокатки: α и R/h_1 (1 – 200; 2 – 100; 3 – 500; 4 – 25; 5 – 12,5; 6 – 6,25; 7 – 3,125; 8 – 1,5625)

середній V_0^* . Об'єми V_c^* при повороті валка на кут α переміщуються в напрямках, показаних на рис. 5. За счет цього знаходящийся в центральній частині очага деформації об'єм V_0^* отримує приращення по довжині до розміру l_{1e} . Об'єми V_c^* в сумі представляють собою єдиничний зміщений об'єм V_c .

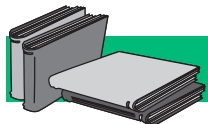
Результати виконаного аналізу змінення зміщеного об'єму в залежності від параметрів очага деформації представлені в вигляді графіків на рис. 6, 7.

Выводы

Представление об особенностях объемного течения металла при прокатке получило дальнейшее развитие. В результате анализа объемного течения металла выявлены характерные объемы очага деформации, установлены функциональная вза-

имосвязь между ними, механизм образования смещенного объема при прокатке. Выполнен анализ установленных взаимосвязей между смещенным объемом и другими характерными (смежными) объемами, результаты анализа представлены в виде графических зависимостей безразмерных величин.

Установленные закономерности позволяют расширить представление о физической стороне процесса прокатки, взаимосвязях характерных объемов очага деформации. На основе уточнения механизма объемного течения металла и установления взаимосвязей объемных параметров становится возможным внести уточнения в недостаточно раскрытые вопросы теории прокатки. Использование выявленных закономерностей позволяет создать более точные методы расчетов кинематических и энергосиловых параметров прокатки для решения прикладных задач.



ЛИТЕРАТУРА

1. Грудев А. П. Внешнее трение при прокатке. – М.: Металлургия, 1973. – 288 с.
2. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением / А. Н. Леванов, В. Л. Колмогоров, С. П. Буркин и др. – М.: Металлургия, 1976. – 416 с.
3. Контактное взаимодействие металла и инструмента при прокатке / П. И. Полухин, В. А. Николаев, В. П. Полухин и др. – М.: Металлургия, 1974. – 230 с.
4. Зильберг Ю. В. Элементы теории прокатки без теории плоских сечений // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. Пластична деформація металів. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2002, Т. 5. – С. 102-111.
5. Илюкович Б. М., Ершов С. В., Толстоляг А. Л. Методика построения математических моделей напряженно-деформированного состояния при прокатке сложных профилей с исключением гипотезы плоских сечений // Изв. вузов. Чер. металлургия. – 2004. – № 11. – С. 26-29.
6. Долженков Ф. Е. Уширение, опережения и вытяжка при продольной прокатке (О некоторых противоречиях современной теории прокатки) // Изв. вузов. Чер. металлургия. – 2003. – № 6. – С. 41-44.
7. Долженков Ф. Е. Нерешенные вопросы современной теории прокатки // Металлургическая и горнорудная пром-сть. – 2009. – № 9. – С. 52-56.

Анотація

Огінський Й. К.

Зміщений об'єм при прокатці

Виконано аналіз об'ємної течії металу, виявлено характерні об'єми зони деформації, встановлено функціональний зв'язок між ними, механізм створення зміщеного об'єму при прокатці, а також проведено аналіз встановлених взаємозв'язків між зміщеним об'ємом та іншими характерними (суміжними) об'ємами. Результати аналізу наведено у вигляді графічних залежностей безрозмірних величин. Встановлені закономірності дозволяють розширити уявлення про фізичну сутність процесу прокатки, взаємозв'язок характерних об'ємів зони деформації. Використання виявлених закономірностей дозволяє створити більш точні методи розрахунку кінематичних та енергосилових параметрів прокатки для вирішення прикладних задач.

Ключові слова

прокатка, параметр, зміщений об'єм, одиничний об'єм, остаточний об'єм, кут захоплення

Summary

Oginskyy I.
Offset volume during rolling

The analysis of the bulk of the material flow was done, specific amounts of the deformation zone were identified, the functional relationship between them was established, and the mechanism of formation of displaced volume during rolling also analysis of the linkages between the displaced volume and other characteristics (adjacent) volumes was done. The analysis presented in the form of graphic dependences of dimensionless variables. The established regularities allow extending the idea of the physical side of the rolling process and the relationship characteristic of the deformation zone. Using the identified patterns allows to develop more precise methods of kinematic and energy-force parameters calculation of rolling to solve practical problems.

Keywords

rolling, parameter, offset volume, unit volume, residual volume, angle of nip

Поступила 08.09.10

УДК 621.745.558.669.295

М. М. Ворон

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

Метод расчета испарения алюминия в интерметаллидных системах Ti-Al при электронно-лучевом переплаве

Рассмотрены вопросы контроля испарения алюминия из сплавов на основе интерметаллидов системы Ti-Al при электронно-лучевой выплавке. Определены основные факторы, влияющие на процесс испарения при данном способе плавки. Разработана методика управления составом сплавов, применимость которой доказана экспериментально.

Ключевые слова: сплавы, интерметаллиды, система Ti-Al, испарение алюминия, электронно-лучевая плавка, управление составом

Проведенные в Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины исследования по возможности выплавки сплавов систем Ti-Al электронно-лучевым способом показали перспективность этой технологии для получения литых заготовок необходимого качества [1, 2]. В связи с этим возникла задача максимального использования отходов (литейных чаш, литниковых каналов, стояков, бракованных отливок и т. п.) как основной шихты следующих плавов, для чего необходимо было определить поведение алюминия при повторных переплавах.

Учитывая то, что при электронно-лучевой плавке испарение алюминия осуществляется по молекулярному режиму [3], единственная возможность решения данной задачи – это применение уравнения Ленгмюра [3-6]

$$\omega = \alpha_i p_i^0 \gamma_i N_i \sqrt{\frac{M}{2\pi RT}}, \quad (1)$$

где ω – испарение, г/(см²·сек); α_i – коэффициент конденсации; p_i^0 – парциальное давление i -го элемента (мм рт. ст.); γ_i – коэффициент активности; N_i – мольная доля i -го элемента; M – молярная масса; R – универсальная газовая постоянная; T – температура (К).

Общим для этих работ является то, что объектом исследований были сплавы титана с относительно небольшим содержанием алюминия (3-6 %мас.), характерным для большинства серийных титановых сплавов. Это обстоятельство не дает возможности использовать их результаты для сплавов интерметаллидных систем Ti-Al (с содержанием алюминия более 15 %мас.).

* По материалам VI Международной научно-практической конференции «Литье-2010», состоявшейся 21-23 апреля 2010 года в Запорожье