

КИРИЕНКО А. А., аспирант, КТУ, г. Кривой Рог

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПРИ ПРОКАТКЕ

Стаття присвячена розподілу енергії при прокатці. А саме енергії зміни форми і об'єму. У статті проводиться дослідження енергії зміни форми. Наводяться формули, закони її зміни в залежності від зовнішніх сил і радіуса зерна металу. Це дозволяє спрогнозувати витрату енергії що йде на зміну форми в деформованому металі.

Ключові слова: прокатка, енергія зміни форми, енергія зміни об'єму, енергія зміни форми, радіус зерна зовнішні сили.

Статья посвящена распределению энергии при прокатке. А именно её распределению на энергию изменения формы и объема. В статье приводятся исследования энергии изменения формы. Приводятся формулы и законы её изменения в зависимости от внешних сил и радиуса зерна металла. Это позволяет спрогнозировать потерю энергии на изменение формы в деформированном металле.

Ключевые слова: прокатка, энергия изменения формы, энергия изменения объёма, радиус зерна, внешние силы.

The article deals with energy splitting into form-change and volume-change energy at rolling. The article studies the form-change energy and present formulas and laws of its change depending on external forces and the metal grain radius, that enable forecast of energy expenditure for change of the form in the deformed metal.

Key words: rolling, form-change energy, volum-change energy, extrenal forces.

Введение.

Областью исследования является изменение энергии при пластической обработке металлов давлением. Объектом исследования является энергетический баланс приведенной энергии, к кристаллам металла и ее расход, и изменение при пластической деформации.

Решение задачи о балансе энергии при пластической деформации на уровне кристалла металла, позволяет решить вопрос о путях расхода энергии при пластической деформации и определить те ее части, что расходуется на изменение формы и объема кристалла. Что является важным теоретическим вопросом для теории обработки металлов давлением.

1. Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами.

Задачу об изменении энергии при пластической обработке металлов давлением и ее распределением на энергию изменения формы и энергию изменения объема ставил еще Ильюшина А. А.[2]

Решение данного вопроса было обосновано теоретически, но практически стало вызывать определенные трудности, так как небыли определены функции формы, по которой происходит приращение расходуемой энергии на изменения формы сечения.

Подобная гипотеза нашла свое применение при расчете упруго-пластической деформации оболочки.[3] Были получены апроксимические кривые

построенные на базе этой теории для деформации элемента оболочки с использованием метода конечных элементов. Но для приближенного решения этого вопроса деформацию принимали бесконечно малой, а изменением формы пренебрегали. Развитие ведущих исследований показывает, что оболочка кристалла формоизменяется в результате пластической деформации и приводит к увеличению плотности упаковок кристалла. [4] Изучение изменения энергии формы оболочки кристалла в результате пластической деформации, позволяет объяснить это явление. Определение формулы для расчета изменения формы кристалла является основной проблемой для решения задачи «о распределении энергии» при обработке металлов давлением. Решению данной проблеме и посвящается эта статья.

Целью статьи является определение энергии изменения формы при пластической деформации металла. И определения функции формы для решения с ее помощью прикладных задач пластичной обработки металлов давлением.

Кинетическая энергия погружения в металл вала E_k распадается на две части: продольному E_{kx} и в поперечному E_{ky} направления к оси прокатки x и на две части, относительно источников ее назначения $E_k(\Delta V)$ - энергия что идет на смену объема и $E_k(\Phi)$ энергия что идет на формоизменение.

Исходя из предложенной математической модели объяснения Ильюшина А. А.[2] энергия форма изменения $E_k(\Phi)$ является интегралом от суммы частичных затрат энергии на конечные изменения формы сечения и рассчитывают за формулой:

$$\int_0^{e_i} \Phi(e_i) de_i \quad (1)$$

А энергия, которая идет на смену объема определяется по формуле:

$$E_k(\Delta V) = \frac{k\theta^2}{2} \quad (2)$$

где k - константа, постоянная величина, которая зависит от физико – химических свойств материала;

θ - радиус эквивалентный шару, который отвечает единичному объему.

Тогда изменение энергии $E_{\Delta k}(\Delta V)$, что идет необходимо на смену объема ΔV на увеличение радиуса эквивалентного шара θ на бесконечно малую величину радиуса $\Delta\theta$, то расчет нужно ввести с помощью такой формулы:

$$\Delta E_k(\Delta V) = \frac{k}{2} (\theta_i + \Delta\theta)^2 \quad (3)$$

Решим это уравнение для бесконечно малого элемента оболочки с толщиной стенки h .

$$\Delta E_k(\Delta V) = \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \frac{k * (\theta + \Delta\theta)^2}{2} dz \quad (4)$$

где z - нормальная координата срединной поверхности оболочки;

h - толщина оболочки;

k - константа, постоянная величина, которая зависит от физика химических свойств материала;

$\Delta\theta$ - бесконечно малая величина прироста радиусу.

В результате пластической деформации изменяется размер зерен от самого большого при кристаллизации слитка до самого мелкого [1] после прокатки на сортовом стане, соответственно изменяется и площадь границ. Рассчитав с помощью интеграла 2 энергию, которая идет на изменение объема, $E_k(\Delta V)$ до и после прокатки и найдя разницу между ними и получить расход энергии на изменение размера зерна $E_k(\Delta V)$.

Энергия изменения формы рассчитывается с помощью функции формы которую можно сосчитать, приняв для приближенного исчисления кристалл металла за сферу с диаметром равным среднему от вписанной и описанной сферы:

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad (5)$$

После деформации принимающей форму эллипсоида:

$$r^2 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} \quad (6)$$

Уравнение, которое связывает тензор линейной деформации шара по главным осям с соответствующими радиусами недеформированного шара и эллипсоида можно представить в виде:

$$dR'_1 = (l_{ij} + 1)dR_1 \quad (7)$$

где dR'_1 - радиус эллипсоида (деформированного шара);

l_{ij} - тензор линейной деформации шара в направлении главной оси;

dR_1 - радиус недеформированного шара.

А энергию изменения формы можно представить через выражение:

$$\Delta E(\Phi) = l_{ij} Z_n R_1 \quad (8)$$

где l_{ij} - тензор линейной деформации шара в направлении главной оси;

Z_n - величина внешних сил;

R_1 - начальный радиус сферы.

Заменяв тензор линейной деформации через функцию изменения формы при трех мерной деформации и перейдя к относительным величинам получим формулу:

$$\Delta E(\Phi) = \left(1 - \sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}}\right) \circ Z_n R_1 \quad (9)$$

где $\Delta E(\Phi)$ - энергия изменения формы;

a, b, c - главные оси эллипсоида;

Z_n - величина внешних сил;

R_1 - начальный радиус сферы.

Приведенная выше формула позволяет определить энергию изменения формы для кристаллов металла, с разным эквивалентным радиусом зерна. Ставя её в прямую зависимость от действия внешних сил и тем самым рассчитать её показатели в разной зоне деформированного металла.

Список литературы: 1. ГОСТ 5639 - 82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. - 20 с. 2. Ильющин А.А. Пластичность. М.-Л., Гостехиздат, 1948, 348с. 3. Маркин Л.А., Карнеев С.В. Расчет упругопластического состояния оболочек методом конечных элементов. Исследования в области пластичности и обработке металлов давлением, сб.науч.тр.,Тула, 1980, I-162. 4. Рыбин В. В. Большие пластические деформации и разрушение металлов.-М.: Металлургия, 1977. 336 с.

УДК 621.771.2

ЧУМАКОВ В.П., инж. металлург, ст. преподав., НМетАУ, г. Кривой Рог.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ В ДУО РЕВЕРСИВНОЙ КЛЕТИ*

На основании исследований проведенных в лабораторных условиях по использованию резерва трения между рабочими валками и прокатываемым металлом разработана и описана, новая технология прокатки в дуо реверсивной клетки.

Ключевые слова: трение, слиток, валок, дуо реверсивная клеть, технология прокатки.

На підставі досліджень проведених в лабораторних умовах по використанню резерву тертя між робочими валками і прокатуванним металом розроблена і описана нова технологія прокатки в дуо реверсивної кліті.

Ключові слова: тертя, злиток, валок, дуо реверсивна кліть, технологія прокатки.

On the basis of researches conducted in laboratory terms on drawing on reserve of friction between the workings fallings and rolled metal developed and described technology of rolling in дуо of reversible cage is new.

Keywords: friction, bar, roller, дуо reversible cage, technology of rolling.

1. Введение

Технология производства прокатной продукции слиток – блюм (сляб) – заготовка (толстый лист) – сортовой прокат (лист) постепенно совершенствуется. С вводом в эксплуатацию установок непрерывной разливки стали вытесняется первый прокатный передел слиток – блюм (сляб). При разливке на установках непрерывной разливки цветных металлов и некоторых черных металлов вытесняется и второй прокатный передел.

Однако получение полупродукта непосредственно из установок непрерывной разливки требует совершенства технологии выплавки подготовке металла к разливке и самой технологии разливки. Наряду с этим необходимо совершенствовать и технологическое оборудование плавильных и прокатных цехов.

Для получения качественного непрерывнолитого слитка необходимо, чтобы соотношение сторон его соответствовало 1,5 и более [1]. Прокатка непрерывнолитых слитков с соотношением сторон 1,5 и более требует решение многих технологических задач. При прокатке слитков с соотношением сторон более 1,3 необходимо решать задачу по его устойчивости в валках [2]. Редуцирование слитка требует большого вреза ручьев в валки, что значительно