



УДК 621.752.4(03)

Воропаев В.С.

Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича. Украина, г. Киев

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАССОГЛАСОВАНИЯ ПРИ АСИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКЕ ПОРОШКОВ НА ЭПИЮРУ СУММАРНОГО НОРМАЛЬНОГО КОНТАКТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Анотація

Вивчений вплив величини розузгодження при асиметричній прокатці порошків заліза на епюру нормальної контактної напруги. Встановлено, що із збільшенням розузгодження відбувається зсув максимумів епюр нормальної контактної напруги і збільшення проміжної зони між нейтральними кутами на малому і більшому валку. Відмічено, що при розузгодженні до величини 1,2 нейтральний кут на валку меншого діаметру перевищує нейтральний кут на валку більшого діаметру. При збільшенні розузгодження вище 1,2 відбувається зростання нейтрального кута на малому валку і зменшення на великому. Проведено дослідження впливу величини розузгодження на результуючу епюру нормальної контактної напруги при асиметричній прокатці. Вивчення результуючої епюри нормальної контактної напруги показало наявність «провалів» на результуючій епюрі нормальної контактної напруги що приводить до падіння загального зусилля при асиметричній прокатці порошків.

Abstract

The purpose of the article is a study of the influence of disparity on the normal contact stress distribution diagrams at the asymmetric rolling of powder of iron.

In contrast to rolling of compact metals, a difference between each length of arcs of contact was found, and also there was no symmetry of the deformation site.

The study of power parameters of the process of asymmetric rolling of powders revealed a difference both in configuration of the deformation site while measuring the normal contact tensions on each of the rollers and the values of the normal contact tensions themselves on the greater and the smaller roller. There

was diminishing of general effort of rolling at the asymmetric rolling

Diminishing of the general effort at the asymmetric rolling must be determined by decreasing of the total normal contact tensions. The study of the tape rolling to obtain tapes of similar densities was due to the desire to provide the similarity of conditions for forming powdered tapes.

While rolling of powders, a considerable effect of the disparity values on the length of intermediate area between neutral corners can be observed as compared to rolling of compact metals. The resulting normal contact tensions distribution diagrams show the presence of intermediate areas in which tangential constituents are directed to meet each other, that lead to appearance of dips and accordingly to diminishing of general effort of rolling.

Введение

Известна возможность использования метода асимметричной прокатки для получения плоского проката из металла традиционного способа производства. Асимметричную прокатку производят с рассогласованием окружных скоростей рабочих валков путем изменения угловой скорости одного из валков при их одинаковом диаметре или путем использования рабочих валков разного диаметра, вращающихся с одинаковыми угловыми скоростями. Теоретические и технологические вопросы асимметричной прокатки освещены в работах Выдрин В.Н. [1], Грудева А.П. [2], Чекареева А.П. [3], Сеницына В.Г. [5], Пучковой Л.М. [6] и др. Применение такой прокатки дает возможность значительно повысить точность и качество проката, сократить количество проходов при прокатке за счет увеличения степени обжатия.

Процесс асимметричной тонколистовой прокатки характерен тем, что в очаге пластической дефор-

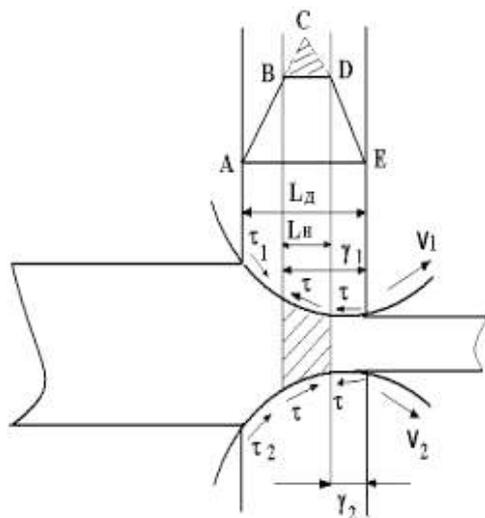


Рис.1. Схема очага деформации при асимметричной прокатке компактного металла.

V – скорости валков, L_d – длина очага деформации, γ – нейтральные углы, τ – силы трения, L_n – длина промежуточной зоны

мации имеется промежуточная зона, ограниченная нейтральными углами со стороны верхнего и нижнего рабочих валков, где силы трения направлены навстречу друг другу. При асимметричной прокатке компактного металла отмечаются такие явления, как изменение напряженного состояния металла, снижение коэффициента трения, изменение формы эпюры распределения давлений (нормальных напряжений) на контакте, отклонение и несовпадение положения их максимумов и др. [1–8]. Принимая определенные допущения, о взаимной компенсации сил трения направленных навстречу в зоне между нейтральными углами, многие исследователи асимметричной прокатки исключают из рассмотрения силы трения. В результате такого допущения [7] на расчетной эпюре нормальных напряжений каждого из рабочих валков куполообразная часть BCD на участке L_n оказывается срезанной (рис. 1).

Однако, по данным приведенным в работе [9], прямые замеры давлений не подтвердили срез эпюр – на участке дуги контакта эпюры на верхнем

и нижнем рабочих валках по форме соответствовали условиям симметричной прокатки, а различие положений максимумов – протяженности промежуточной зоны L_n между положением нейтрального угла на верхнем и нижнем валках. Приведенные в работе данные указывают также на равенство углов захвата и длины дуги контакта при деформировании компактного материала. При прокатке компактного металла, а также уплотняющей прокатке пористых листов угол прокатки мал и ограничен толщиной ленты на входе и выходе из валков.

Существенным отличием прокатки порошковых объектов от компактных является изменение объема порошкового тела, а не только формы. При этом, при прокатке сыпучего тела угол прокатки устанавливается произвольно в зависимости от условий прокатки и в несколько раз (особенно при прокатке гранул) превышает угол прокатки при тонколистовой прокатке компактного материала [10].

При симметричной прокатке изменение угловых параметров на обоих валках соответствует их зеркальному отражению, а плоскость раздела зон отставания и опережения при вертикальной прокатке параллельна плоскости по линии центров валков.

Цель

Целью статьи является изучение влияния рассогласования при асимметричной прокатке порошка железа на поведение эпюр нормального контактного напряжения.

Как показали исследования асимметричной прокатки металлических порошков [11] очаг деформации при прокатке компактных и порошковых объектов существенно отличаются. При асимметричной прокатке порошков изменяются угловые параметры очага деформации отдельно на каждом валке в зависимости от рассогласования скоростей прокатки на валках. При этом, в отличие от прокатки компактных металлов, установлена разная длина дуги контакта на каждом из валков и также отсутствует симметричность очага деформации рис. 2.

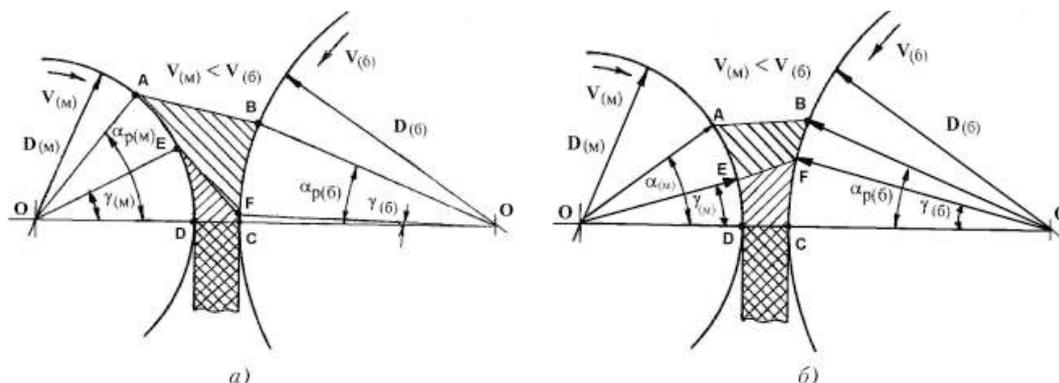


Рис.2. Схема очага деформации при асимметричной прокатке порошков.

a – рассогласование больше 1,2; $б$ – рассогласование 1,2 и меньше α – угол прокатки, γ – нейтральный угол

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ ПРОЦЕССОВ, МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ

Исследование

При проведении исследований энергосиловых параметров процесса асимметричной прокатки порошков применялись валки оснащенные специально изготовленными точечными месдозами, позволяющими измерять контактное напряжение и угловые параметры в очаге деформации на двух валках одновременно. Положение валков устанавливалось таким образом, чтобы окончания измерительных штифтов точечных месдоз совпадали на обоих валках по линии центров.

При исследовании силовых параметров процесса асимметричной прокатки порошков [12] было установлено различие как в конфигурации очага деформации, при замерах нормальных контактных напряжений на каждом из валков, так и в величине самих нормальных контактных напряжений на большем и меньшем валках.

При всех соотношениях диаметров, начиная с $D_{(6)} / D_{(м)} = 1,12$ и выше максимальное контактное нормальное напряжение на ведомом (меньшем) валке всегда больше, чем на ведущем (большем) валке. Для получения одной и той же плотности лент максимальное контактное нормальное напряжение при традиционной (симметричной) прокатке всегда было выше, чем при асимметричной прокатке, как на большем, так и на меньшем валках. При этом, при асимметричной прокатке происходило и уменьшение общего усилия прокатки.

Уменьшение общего усилия при асимметричной прокатке должно определяться уменьшением суммарного нормального контактного напряжения. Можно предположить, что на изменение нормальных контактных напряжений влияет различие в тангенциальных напряжениях, которые направле-

ны в разные стороны на участке дуги контакта между нейтральными углами, при несовпадении нейтральных углов. Для определения величины суммарного нормального напряжения воспользуемся методикой суммирования эпюр контактных напряжений описанной в [9]. Одним из отличий асимметричной прокатки порошков от прокатки компактных металлов является различие в длине дуги контакта на валках. Начало процесса асимметричной прокатки порошков, которое определяется углом прокатки и фиксируется месдозами нормального давления, различно на каждом из валков. Поэтому, для суммирования эпюр примем за точку совмещения момент выхода проката из валков. Этот параметр, согласно данным полученным при исследованиях угловых параметров асимметричной прокатки порошков, остается одинаковым при всех режимах рассогласования валков. Для анализа и проведения суммирования эпюр нормального контактного напряжения использовались данные по асимметричной прокатке железного порошка при различных величинах рассогласования. При этом конечный продукт — ленты с приблизительно одинаковой плотностью. Исследование прокатки полос на одинаковую плотность обусловлено стремлением обеспечить равенство условий формирования порошковых лент.

На рис. 3 показана совмещенная диаграмма эпюр нормального контактного напряжения при симметричной прокатке железного порошка в ленту относительной плотностью 0,81.

Разница в величинах нормального контактного напряжения при симметричной прокатке может быть обусловлена небольшим различием в условиях прокатки на поверхностях валков в очаге деформации. Длина очага деформации составила 13 градусов, а нейтральный угол 5,5 градусов.

Диаграмма эпюр нормального контактного напряжения при прокатке с величиной рассогласования 1,2 показана на рис. 4. Относительная плотность проката 0,82.

На графике наблюдается смещение нейтральных углов на большем и меньшем валках и образование промежуточной зоны L_n в которой силы трения направлены навстречу. Длина очага деформации составила 9 градусов, нейтральный угол на большем валке 3,8, а на меньшем 2,8 градусов. Длина промежуточной зоны составила 1 градус.

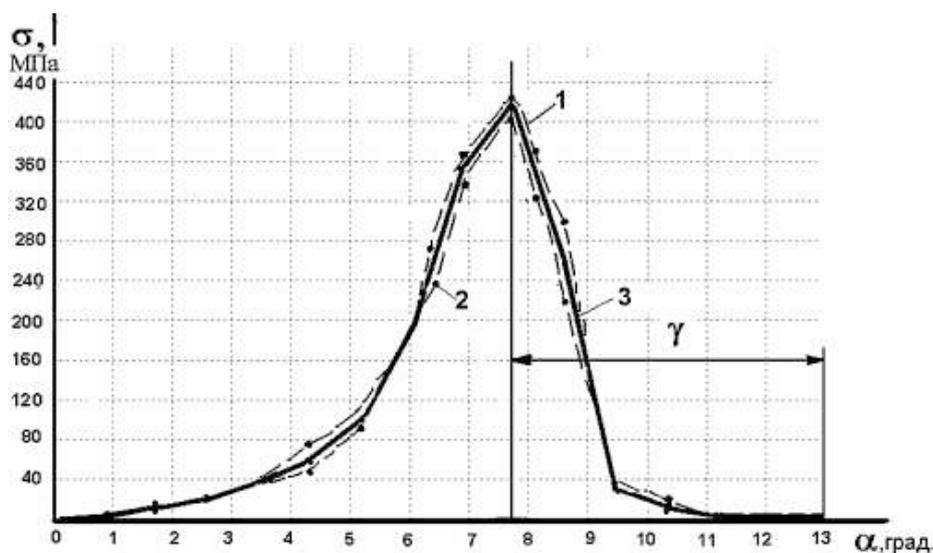


Рис. 3. Диаграмма эпюр нормального контактного напряжения при симметричной прокатке.
1 — первый валок, 2 — второй валок, 3 — суммарная эпюра нормального контактного давления,
γ — нейтральный угол

Диаграммы эпюр нормального контактного напряжения для прокатки с рассогласованием 1,3 и 1,42 показаны на рис. 5 и 6 соответственно. Относительная плотность лент составляла 0,81.

Анализ диаграмм эпюр нормального контактного напряжения для прокатки с рассогласованием 1,32 и 1,42 показывает, что с увеличением величины рассогласования происходит увеличение дуги контакта (17 и 22 градуса соответственно) и протяженности промежуточной зоны (2,8 и 8 градусов), в которой тангенциальные составляющие направлены навстречу. Увеличение промежуточной зоны приводит к появлению провалов на суммарной эпюре нормального контактного напряжения, что приводит к уменьшению общего давления прокатки. Анализ диаграмм эпюр при коэффициенте рассогласования 1,2 показал больший нейтральный угол на валке большего диаметра и меньший на валке малого диаметра. При коэффициентах рассогласования 1,32 и 1,42 это соотношение меняется на противоположное. Схематично это приводит к изменению наклона линии EF (рис. 26) на противоположный и к изменению направления контактных сил трения в промежуточной зоне L_H . При этом, при малых коэффициентах рассогласования, отсутствуют провалы на суммарных эпюрах нормального контактного напряжения что и не приводит к заметному снижению общего усилия прокатки. Исходя из полученных данных можно предположить, что существует определенная величина рассогласования при которой значение нейтральных углов будут совпа-

дать и результирующая эпюра нормальных контактных напряжений будет максимальна.

Выводы

При прокатке порошков наблюдается значительное влияние величины рассогласования на длину промежуточной зоны между нейтральными углами по сравнению с прокаткой компактных металлов. В зависимости от выбранных условий асимметричной

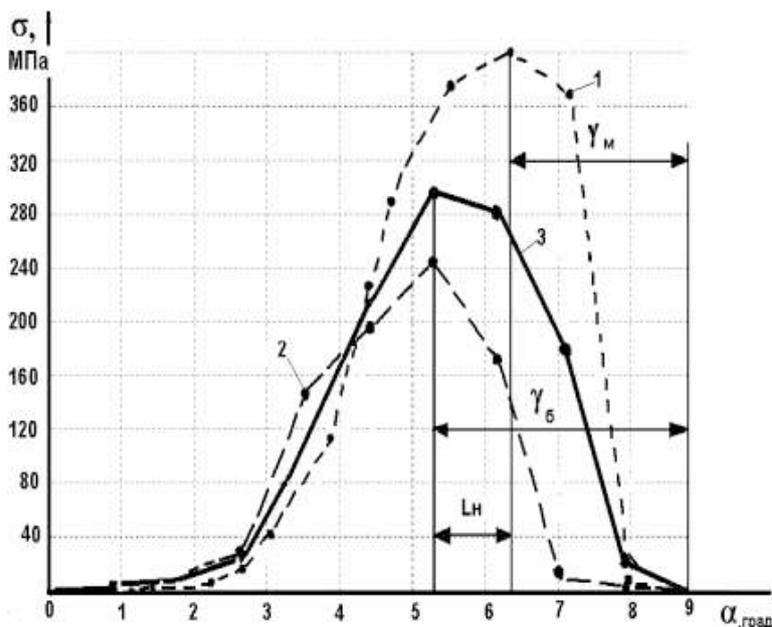


Рис.4. Диаграмма эпюр нормального контактного напряжения при прокатке с рассогласованием 1,2.

- 1 – Эпюра нормального контактного напряжения для малого валка,
2 – эпюра нормального контактного напряжения для большого валка,
3 – суммарная эпюра нормального контактного давления. L_H – промежуточная зона между нейтральными углами

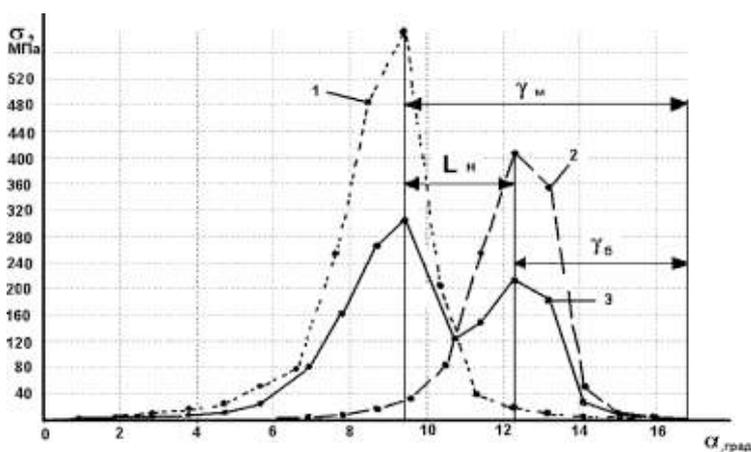


Рис.5. Диаграмма эпюр нормального контактного напряжения при прокатке с рассогласованием 1,32.

- 1 – Эпюра нормального контактного напряжения для малого валка,
2 – эпюра нормального контактного напряжения для большого валка,
3 – суммарная эпюра нормального контактного напряжения.
 L_H – промежуточная зона между нейтральными углами

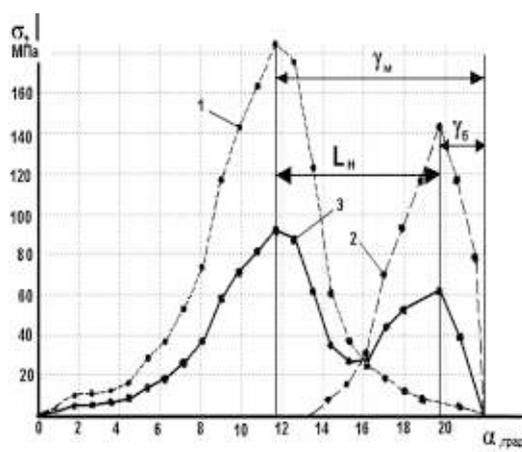


Рис.6. Диаграмма эпюр нормального контактного напряжения при прокатке с рассогласованием 1,42.

- 1 – Эпюра нормального контактного напряжения для малого валка, 2 – эпюра нормального контактного напряжения для большого валка, 3 – суммарная эпюра нормального контактного напряжения.
 L_H – промежуточная зона между нейтральными углами



прокатки (в частности, величины рассогласования) происходит как изменение величины промежуточной зоны между нейтральными углами так и изменение направления тангенциальных сил трения. На результирующих эпюрах нормального контактного напряжения наличие промежуточных зон, в которых тангенциальные составляющие направлены навстречу, приводит к появлению провалов и соответственно к уменьшению общего усилия прокатки.

Литература

1. *Выдрин В.Н.* Динамика прокатных станов. // Свердловск.: Металлургиздат. — 1960. — 255с.
2. *Грудев А.П.* Теория прокатки. М.: Металлургия, 1988. — 240 с.
3. *Целиков А.И., Гришков А.И.* Теория прокатки./ Целиков А.И., Гришков А.И.// М.: Металлургия, 1970. — 358 с.
4. *Чекмарев А.П.* Теория продольной прокатки. — Харьков, 1965. — 212 с.
5. *Синицын В.Г.* Несимметричная прокатка листов и лент. — М.: Металлургия, 1984. — 210 с.
6. *Пучкова Л.М.* Исследование энергосиловых и кинематических параметров процесса холодной

несимметричной тонколистовой прокатки... Автореферат дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. Москва. 1977.

7. *Мухин Ю.А.* О допустимости одного упрощения при анализе процесса несимметричной тонколистовой прокатки / Мухин Ю.А., Бельский С.М. // Производство проката. — 2007. — №7. — С. 11-13

8. *Высокоточная прокатка тонких лент*/ [Пименов А.Ф., Полухин В.П., Липухин Ю.В., и др.] М.: Металлургия, 1988. — 178 с.

9. *Николаев В.А.* Несимметричная тонколистовая прокатка / Николаев В.А., Скороходов В.Н., Полухин В.П. // М.: Металлургия, 1993. — 192 с.

10. *Калуцкий Г.Я.* Исследование и разработка технологии изготовления проката из порошка и гранул алюминия. Автореферат дисс. канд. техн. наук, 1972

11. *Гогаев К.А.* Угловые параметры асимметричной прокатки металлических порошков / Гогаев К.А., Калуцкий Г.Я., Воропаев В.С.// Порошковая металлургия. — 2009. — №5/6. — С. 35 — 40

12. *Гогаев К.А.* Уплотняемость металлических порошков при асимметричной прокатке / Гогаев К.А., Калуцкий Г.Я., Воропаев В.С. // Порошковая металлургия. — 2009. — №3/4. — С. 36 — 42