

### Холодная прокатка гранул алюминиевых сплавов и алюминиевой ленты с наложением сдвиговых деформаций

Студенты Ботвич А.Н., Кацкель В.С., Чаботар И.С.

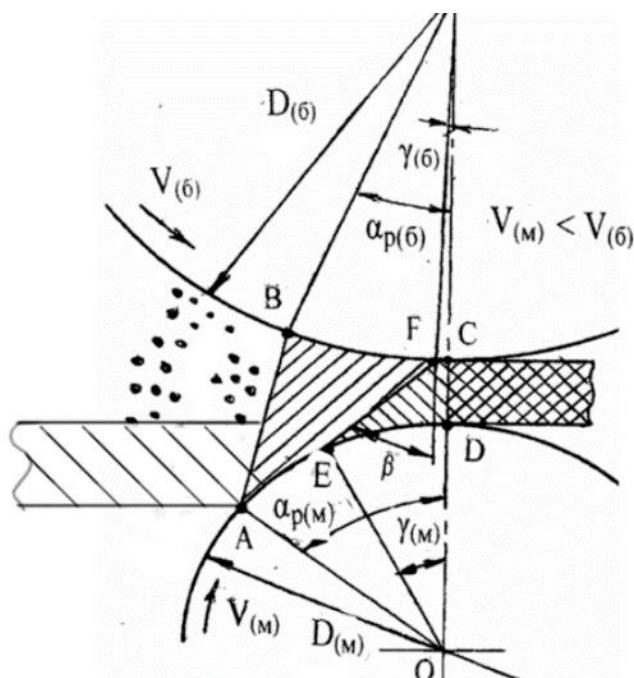
Научный руководитель – Минько Д.В.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Прокатка порошков находит широкое применение при получении длинномерных полуфабрикатов и изделий в виде лент биметаллических и многослойных материалов. Однако холодная прокатка гранул алюминия и изготовление из них полуфабрикатов в виде листов, лент и полос не нашла широкого применения по причине наличия на их поверхности прочной оксидной пленки, препятствующей образованию контактов между гранулами. Внедрение гранул алюминиевого порошка в поверхность алюминиевой ленты с образованием сварного соединения может быть осуществлено путем асимметричной прокатки с наложением сдвиговых деформаций.

Основа асимметричной прокатки заключается в обеспечении разницы скоростей между верхним и нижним валком [1]. Достигается несколькими способами: различной скоростью вращения валков; использованием валков разного диаметра; разными коэффициентами трения между поверхностями. Асимметричная прокатка способствует образованию деформаций сдвига, возникающих за счет того, что формирование структурных элементов происходит в очаге деформации при наличии высоких касательных и нормальных контактных напряжений.



АВFE – зона отставания; EFCD – зона опережения, EF – нейтральное сечение

Рисунок 1 – Схема очага деформации при асимметричной прокатке [2]

На рисунке 1 изображена схема очага деформации при асимметричной прокатке ленты с порошком. При асимметричной прокатке, когда нейтральное сечение EF расположено под углом  $\beta$  к линии центров валков значительно активизируется сдвиговая деформация частиц под давлением и уменьшается влияние растягивающих напряжений. Чем больше угол  $\beta$ , тем более активны сдвиговые деформационные процессы в очаге деформации. Увеличение асимметрии процесса приводит к большей деформации сдвига и уменьшению крутящего момента.

Существенное влияние на рассогласование окружных скоростей рабочих валков достигается за счет разности их диаметров. При отношении диаметра большего валка к диаметру меньшего 1,25 и более создаются благоприятные условия для активации сдвиговых процессов в очаге деформации. При асимметричной прокатке порошков максимальные контактные напряжения на валке меньшего диаметра всегда больше, чем на валке большего диаметра [2].

В идеале наложенная асимметрия должна определяться способом, в котором нейтральные точки существуют в очаге деформации, поскольку увеличение асимметрии за пределы критического уровня не увеличивает деформации сдвига [3]. При прокатке алюминиевых гранул со значительной деформацией частиц порошка нейтральный угол, равный  $1,5^\circ$ , был зафиксирован уже при соотношении  $D(б)/D(м) = 1,32$  [2].

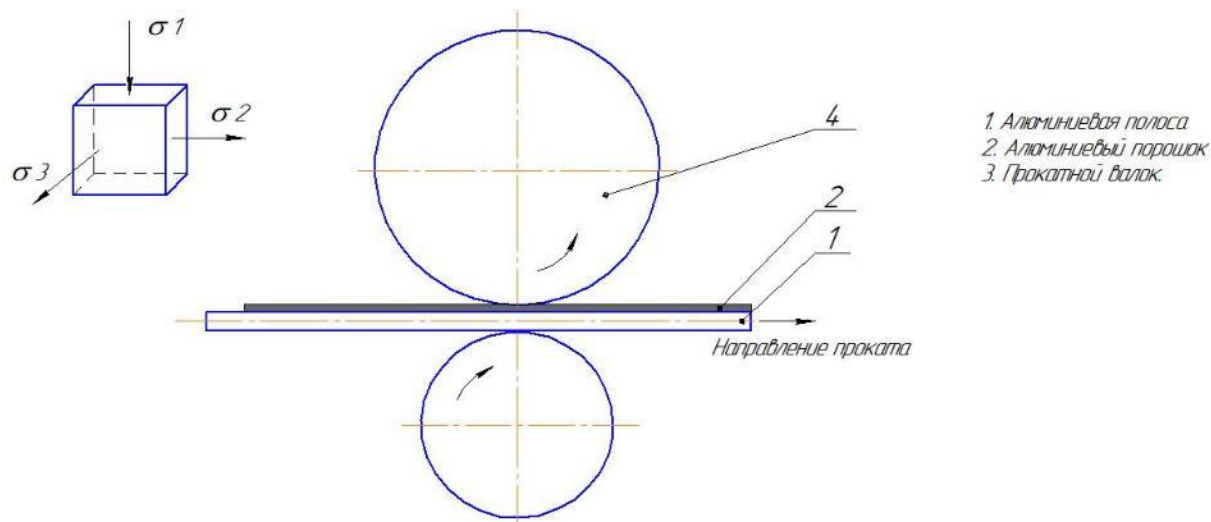


Рисунок 2 – Схема асимметричной прокатки

Перед нанесением алюминиевых гранул на алюминиевую ленту ее поверхность необходимо зачистить и обезжирить. Данная манипуляция необходима для снятия оксидной пленки с поверхности ленты, так как оксидная пленка алюминия препятствует адгезии поверхностей гранул и ленты.

При разработке процесса асимметричной прокатки для достижения адгезии между слоем алюминиевых гранул и поверхностью ленты необходимо варьировать интенсивностью и скоростью деформации, геометрией очага деформации и свойствами поверхностей соединяемых материалов.

#### Литература:

1. Грудеев, А.П. Теория прокатки / А.П. Грудеев. – М.: Металлургия, 1988. – 240 с.
2. Гогаев, К.А. Особенности и технологические параметры асимметричной прокатки металлических порошков / К.А. Гогаев, Г.Я. Калуцкий, В.С. Воропаев // Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Серия Машиностроение. – 2010. – № 60. – С. 89-93.
3. Vincze, G. Asymmetrical Rolling of Aluminum Alloys and Steels: A Review / G. Vincze, F.J.P. Simões, M.C. Butuc // Metals. – 2020. – 10. – 1126. – P. 1-24; doi:10.3390/met10091126