

Студент гр.10402128 Ботвич А.Н.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Асимметричная прокатка - привлекательный процесс обработки металла благодаря своей простоте, низкой стоимости и возможности создавать уникальные характеристики материалов. Асимметрия, которой способствует процесс, приводит к формированию большого набора текстуры различной структуры, которая способна улучшить механические свойства металлических материалов.

В настоящее время большой спрос на более легкие и надежные конструкции, низкую стоимость, возможность вторичной переработки, и экологически чистое производство. Прокатка листового металла – отличный вариант удовлетворить все упомянутые цели.

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.

Улучшение микроструктуры материала, в процессе асимметричной прокатки, связано с измельчением зерен, за счет их дефрагментации под действием сил сжатия и сдвига. Размер зерна оказывает большое влияние на механические свойства металлов и сплавов. Уменьшение величины зерна приводит к повышению характеристик пластичности с одновременным ростом прочностных характеристик [4]. Как правило, увеличение эквивалентной деформации, вносимой прокаткой, увеличивает плотность дислокаций, что способствует образованию дислокационных ячеек. При более высоких значениях деформации они превращаются в субзерна. Это превращение имеет промежуточные фазы, в которых удлиненные зерна или дислокационные стенки могут сосуществовать с равноосными ячейками, прежде чем образуют новые субзерна. Первоначальные исследования показали, что измельчение зерна требует большей деформации, что приводит к появлению новых, равноосных, мелких зерен размером менее 2 мкм [3].

На рис.6 показано изменение размера зерен сплава алюминия и магния, обработанного методом асимметричной прокатки, с общей толщиной обжатия 85%. Исходный материал имеет средний размер зерна около 25 мкм (рисунок 1 (a)), а после видны прокатанные мелкие зерна размером около 0,5 мкм (рисунок 1 (b)). Процесс чувствителен к свойствам материала и условиям прокатки.

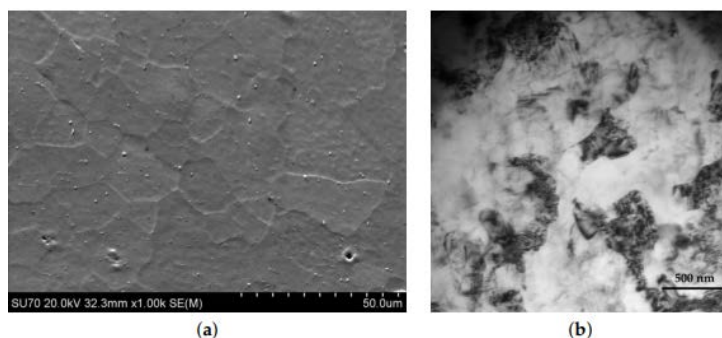


Рисунок 1 – Изменение размера зерна в результате асимметричной прокатки: (a) исходные зерна AA5182 перед прокаткой, наблюдаемая с помощью СЭМ (сканирующая электронная микроскопия), и (b) новые мелкие зерна после прокатки (85% уменьшение толщины), наблюдаемое с помощью просвечивающей электронной микроскопии

Исследования Вронски и Бакруа [2] показывают, что деление зерен сильно зависит от деформации сдвига, вызванной асимметрией процесса. Они оценили эффект асимметрии, вызванный изменением скорости валков при прокатке алюминиевых сплавов в один проход с обжатием на 36 %, и пришел к выводу, что минимальное наличие асимметрии составляет всего 1.05 (где 1 соответствует симметрии) приводит к изменению микроструктуры, и одного прохода достаточно, чтобы произвести значительное измельчение зерна. Конечно, изменения микроструктуры более выражены при большей асимметрии. То же исследование показывает, что низкая асимметрия изменяет материал только в среднем слое толщины. Это может быть полезно для контроля неоднородности листа. Ассиметричная прокатка с большим уменьшением толщины приводит к однородной структуре по всей толщине. Малое и среднее уменьшение приводит к неоднородности между поверхностями и центром листа [2]. Размер зерна после измельчения, полученного ассиметричной прокаткой в алюминиевых сплавах и сталях, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменения размеров зерен при ассиметричной прокатке

Материал	Число ходов	Обжатие, %	Отношение асимметрии	Размер зерен при ассиметричной прокатке	Размер зерен при симметричной прокатке
АА1050	5	93,7	1,36	2 мкм	2 мкм
АА6061	1	36	1,5	4 мкм	9 мкм
Низко-углеродистая легированная сталь	4	50	1,2	0,92 мкм (поверхность)	1,02 мкм (поверхность)
	1			1,09 мкм (центр)	1,44 мкм (центр)
Ультра низкоуглеродистая сталь	3	60	1,15	50 мкм	80 мкм
Ультра низкоуглеродистая сталь	1	36,8	1,45	8,7 мкм	14,1 мкм

Дополнительные параметры, доступные при ассиметричной прокатке (такие как температура материала, направление проката, параметры валков и т.п.), обеспечивают расширенный контроль структуры материала и текстуры, то есть можно получить материалы с желаемой однородностью размером зерна и текстуры. Механические свойства ассиметрично прокатанных алюминиевых сплавов и сталей улучшаются за счет изменения текстуры, размера и морфологии зерен.

#### Список использованных источников

1. Грудеев, А.П. Теория прокатки / А.П. Грудеев. – М.: Металлургия, 1988. – 240 с.
2. Wronski, S. Microstructure evolution and grain refinement in asymmetrically rolled aluminum / S. Wronski, B. Bacroix // Acta Mater. 2014. – №76. – p. 404–412.
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.
4. Полухин, П.И. Физические основы пластической деформации / П.И. Полухин, С.С. Горелик, В.К. Воронцов. – М: Металлургия, 1982 – 509 с.