

УДК 621.771.23

Влияние изменения направления прокатки листов из сплава АМг2 на формирование твердости и электропроводности

Шаталов Роман Львович¹

mmomd@mail.ru

Медведев Вадим Анатольевич²

10-bmt@mail.ru

Типалин Сергей Александрович¹

tsa_mami@mail.ru

Бибик Павел Юрьевич²

cyrepka2@gmail.com

¹ Московский политехнический университет, Москва, Россия² Богородский филиал АО «НПО «Прибор», Ногинск, Россия

Аннотация. Приведены результаты исследования влияния продольной прокатки и чередования продольных и поперечных проходов листов размером 1,87×40×40 мм из сплава АМг2 в твердом состоянии на стане 150×235 на формирование размеров, распределение твердости и удельной электропроводности. Установлено, что за два прохода в зависимости от направления прокатки листов на толщину около 1,2 мм при относительном обжатии около 35 % распределение геометрических размеров, твердости и электропроводности отличается. Показано, чередование продольных и поперечных проходов при прокатке практически восстанавливает форму листа в квадратную 0,91/1 и уменьшает анизотропию твердости и удельной электропроводности с 20 до 9 %. Получено адекватное уравнение связи между твердостью и удельной электропроводностью.

Ключевые слова: прокатка, разворот листа, сплав АМг2, форма листа, твердость, удельная электропроводность, уравнение регрессии

The effect of changing the direction of rolling of AMg2 alloy sheets on the formation of hardness and electrical conductivity

Shatalov Roman Lvovich¹

mmomd@mail.ru

Medvedev Vadim Anatolyevich²

10-bmt@mail.ru

Tipalin Sergey Alexandrovich¹

tsa_mami@mail.ru

Bibik Pavel Yuryevich²

cyrepka2@gmail.com

¹ Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia² Bogorodskybranch of JSCNPO Pribor, Noginsk, Russia

Abstract. The results of a study of the effect of longitudinal rolling and alternating longitudinal and transverse passages of 1.87×40×40 mm sheets of AMg2 alloy in a solid state on a 150×235 mill on the formation of dimensions, the distribution of hardness and specific electrical conductivity are presented. It was found that in two passes, depending on the direction of rolling the sheets to a thickness of about 1.2 mm with a relative compression of about 35 %, the distribution of geometric dimensions, hardness and electrical conductivity differs. It is shown that alternating longitudinal and transverse passages during rolling prac-

tic ally restores the shape of the sheet to asquare 0.91/1 and reduces the anisotropy of hardness and specific electrical conductivity from 20 to 9 %. An adequate equation of the relationship between hardness and electrical conductivity has been obtained.

Keywords: rolling, sheet turning, AMg2 alloy, sheets hape, hardness, electrical conductivity, regression equation

Введение. В металлургии и машиностроении в последнее время широко востребован прокат листов и лент алюминиевого сплава АМг2 с заданными характеристиками твердости для последующего передела листов в штампованные заготовки малогабаритной тары [1, 2].

Неравномерное распределение твердости снижает качество и влияет на формирование дефектов штамповок [3, 4]. Вот почему важно разрабатывать технологические процессы с учетом направление и степени обжатия каждого этапа прокатки.

Оценку качества следует проводить на каждом этапе деформирования, поскольку с увеличением обжатия меняются геометрические размеры и растет твердость листов [5]. Твердомеры Виккерса — универсальный инструмент контроля качества тонких и мягких металлических листов. Однако подготовка листов перед замером твердости, выбор необходимого усилия занимает значительное время, что нарушает ритмичность процесса прокатки. Не исследовано формирование и связь между электрической проводимостью и твердостью при чередовании продольных и поперечных проходов прокатываемых листов сплава АМг2. Поэтому исследование связи электрической проводимости и твердости деформированных листов АМг2 является актуальной задачей.

Цель работы — установить влияние направления прокатки на формирование и связь электрической проводимости и твердости листов из сплава АМг2.

Методика проведения эксперимента. Опытная холодная прокатка листов проводилась на лабораторном стане 150×235 Московского политехнического университета. Скорость прокатки составляла 0,25 м/с.

В качестве исходного материала использовали наклепанные до 35 % алюминиевые листы ГОСТ 21631–2019 сплава АМг2, нарубленные на заготовки квадратной формы 40 мм, толщиной 1,87 мм, твердостью 90–92HV удельной электропроводностью $K\ 23,65\ \text{мСм/м}$. Общее количество заготовок 6 шт. Геометрические размеры определяли электронным штангенциркулем ГОСТ 166–80 и металлической линейкой ГОСТ 427–75.

Прокатку листов проводили в два прохода. После первого прохода толщина листов уменьшилась до 1,6 мм, а второго составила около 1,2 мм. Три листа прокатывали в продольном направлении, а три других перед вторым проходом разворачивали на 90 градусов. Суммарное относительное обжатие составляло 35 %, а с учетом наклепа исходного листа около 70 %.

Твердость на поверхности листов определяли с помощью твердомера Виккерса ГОСТ 2999–75 усилием 3 кгс. Исследование удельной электропро-

водности и твердости проводили после прокатки в тех же местах. Использовали контрольный прибор Константа К6 по ГОСТ 26423–85, поставленный фирмой Кропус (Россия). Удельная электропроводность K выражалась в микро Сименсах, отнесенных к площади 1 м^2 (мСм/м).

Результаты и их обсуждение. Исследовали геометрические размеры листов после прокатки. На рис. 1 приведены геометрические размеры прокатанных листов из АМг2.

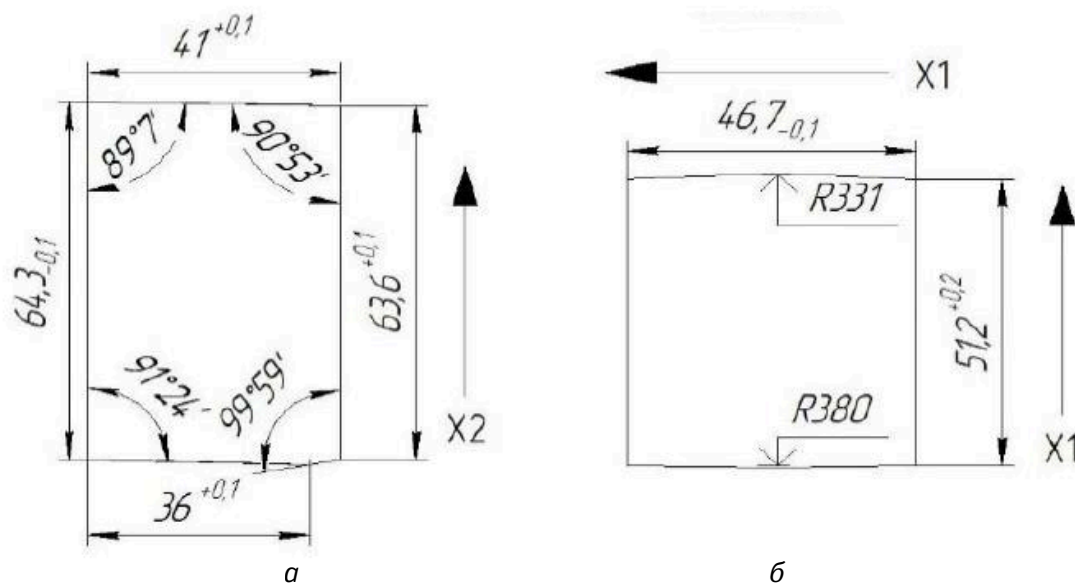


Рис. 1. Геометрические размеры прокатанных листов из АМг2:
а — в продольном направлении; б — с разворотом перед вторым проходом

Измерение геометрических размеров листов после прокатки в продольном направлении и с разворотом позволило установить, что относительное обжатие листов с толщины 1,87 на толщину 1,20 мм составляло 36 %. При прокатке в продольном направлении лист формируется в виде прямоугольника с отношением сторон 0,64/1, а при прокатке с разворотом лист в виде квадрата с отношением сторон 0,91/1. Выявленные результаты геометрических размеров листов после прокатки является важным фактором при выборе раскроя полуфабрикатов штамповок.

Исследовали распределение твердости и удельной электропроводности листов. На рис. 2 и 3 приведены результаты измерений распределения твердости и удельной электропроводности прокатанных листов из АМг2.

Исходя из результатов измерений по ширине алюминиевых листов АМг2 удалось установить, что твердость и удельная электропроводность листов распределяются не равномерно. В центральной части листа прокатанного без изменения направления твердость минимальная 99–103 НВ, а при смещении к кромкам растет до 117–121 НВ. Удельная электропроводность в центральной части K максимальная 21,64–21,93 мСм/м, а на кромках снижается до 17,61–18,01 мСм/м. Средняя анизотропия свойств составляет около 18 %.

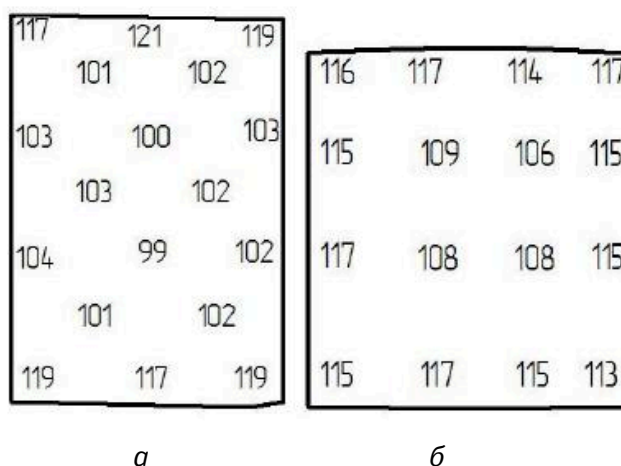


Рис. 2. Твердость прокатанных листов из АМг2:
а — в продольном направлении; б — с разворотом

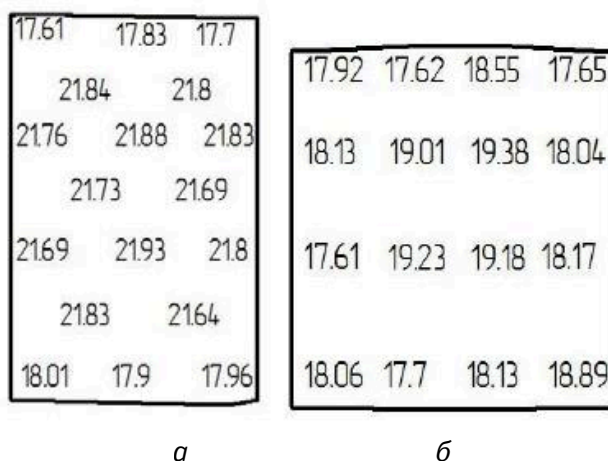


Рис. 3. Удельная электропроводность прокатанных листов из АМг2:
а — в продольном направлении; б — с разворотом

Анализ листа, прокатанного с разворотом, указывает на распределение свойств: в центральной части и на кромках твердость 106–109 HV и 113–117 HV, и удельная электропроводность Кв центре и на кромках 19,01–19,38 мСм/м и 17,61–18,89 мСм/м соответственно. При прокатке листов с разворотом средняя анизотропия снижена: твердость и удельная электропроводность около 9 %.

На рис. 4 приведена кривая, характеризующая влияние твердости на удельную электропроводность прокатанных алюминиевых листов АМг2.

Результаты проведенных исследований позволили получить линейное уравнение регрессии, устанавливающее связь между удельной электропроводностью и твердостью исходного и прокатанных листов в интервалах 90–119 HV и 17,61–23,65 мСм/м.

$$K = -0,2386HV + 45,769,$$

где HV — твердость листов по Виккерсу; K — удельная электропроводность листов, мСм/м. Коэффициент детерминации R^2 не менее 0,93.

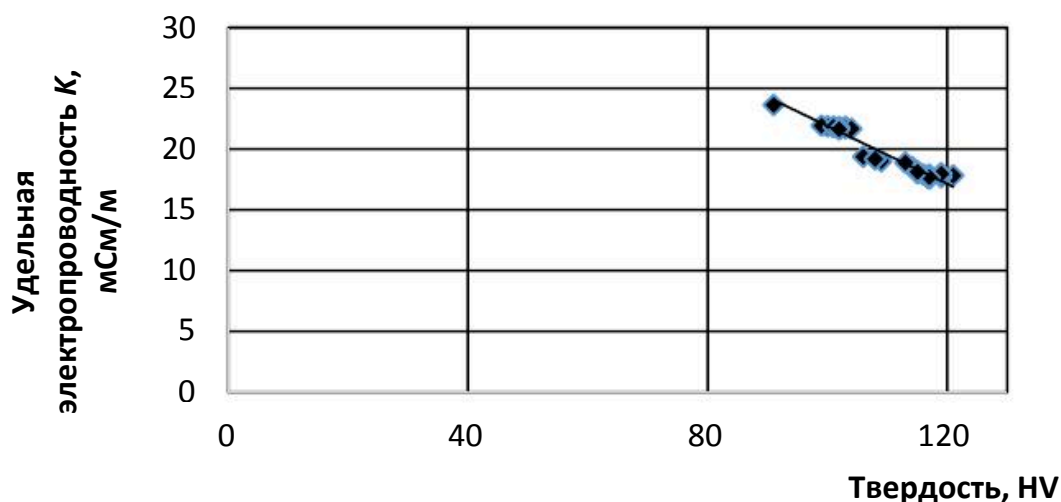


Рис. 4. Влияние твердости на удельную электропроводность листов из сплава АМг2

Закключение. Установлено, что за два прохода в зависимости от направления прокатки листов из сплава АМг2 на толщину около 1,2 мм при относительном обжатии около 35 % формирование геометрических размеров, твердости и электропроводности отличается. При прокатке в продольном направлении лист в виде прямоугольника с отношением сторон 0,64/1, а чередование продольных и поперечных проходов практически восстанавливает форму листа в квадратную 0,91/1. Продольная прокатка приводит к существенной до 20 % анизотропии твердости 99–121 HV и удельной электропроводности 17,61–21,93 мСм/м. При прокатке листов с разворотом анизотропия свойств снижается до 9 %: 106–117 HV и 17,61–19,38 мСм/м. Получено уравнение связи между твердостью и удельной электропроводностью. Результаты исследований могут быть использованы для повышения показателей качества при прокатке и контроле свойств листов из алюминиевого сплава.

Список источников

- [1] Tipalin S.A., Belousov V.B., Lyubetskaya S.I. Testing the Cross-Sectional Microhardness in Sheets with A 0.08 % Carbon Concentration. *Solid State Phenomena*, 2021, vol. 316, pp. 269–275.
- [2] Skripalenko M.N., Skripalenko M.M., Ashikhmin D.A. Wavelet Analysis of Fluctuations in the Thickness of Cold-Rolled Strip. *Metallurgist*, 2013, vol. 57 (7–8), pp. 606–611.
- [3] Shelest A.E., Yusupov V.S., Perkas M.M., Sheftel' E.N. Additional possibilities of the effect of alternating elastoplastic deformation on the properties of metallic materials. *Russian Metallurgy (Metally)*, 2021, vol. 2021, no. 1, pp. 46–52.
- [4] Kozhevnikov A.V., Skripalenko M.M., Kozhevnikova I.A., Skripalenko M.N. Comparative Evaluation of Kinematic Parameters at Symmetric and Asymmetric Cold Rolling of Strip Using Computer Simulation. *CIS Iron and Steel Review*, 2023, no. 1, pp. 29–33.
- [5] Шипянов Е.К. Анизотропия листовых материалов и ее влияние на процессы пластического деформирования. *Инновации в технологиях и образовании. VII Междунар. науч.-практ. конф.: сб. ст.* Белово, Филиал «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева» в г. Белов, 2014, ч. 1, с. 101–105.