
НОВЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ

УДК 621.771.062:669.715

**А. В. Ноговицын, А. В. Наривский, И. Р. Баранов,
В. П. Школяренко, В. И. Шаповал**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ИЗ СПЛАВА Д16 НА ВАЛКОВОЙ РАЗЛИВОЧНОЙ УСТАНОВКЕ

Представлены результаты исследований влияния технологических режимов валковой разливки металла на процесс формирования тонкого листа из алюминиевого сплава Д16. Показано, что после дополнительной холодной или горячей прокатки литого листа повышается качество его поверхности, изменяются структура и твердость деформированного сплава.

Ключевые слова: двухвалковая разливка, прокат, сплав Д16, алюминиевый сплав, металл, лист.

Наведено результати досліджень впливу технологічних режимів валкової розливки металу на процес формування тонкого листа із алюмінієвого сплаву Д16. Показано, що після додаткової холодної або гарячої прокатки литого листа підвищується якість його поверхні, змінюються структура і твердість деформованого сплаву.

Ключові слова: двовалкова розливка, прокат, сплав Д16, алюмінієвий сплав, метал, лист.

The results of researches on influence of the technological regims of the rolling casting of metal on the process of forming the thin sheet from aluminum alloy Д16 are presented. It is shown that after additional cold and hot rolling cast sheet the quality of the its surface is improving, the structre and hardness of the wrought alloy is changed.

Keywords: two-rolling casting, rolled stock, alloy Д16, aluminum alloy, metal, sheet.

Технология валковой разливки металла с одновременной его прокаткой является одним из самых энергосберегающих процессов получения листового проката из стали и цветных сплавов. Такая технология была впервые опробована на алюминии и внедрена в производство. Сейчас технически чистый алюминий используется в основном для производства пищевой фольги. С начала 80-х гг. XX ст. на двухвалковых агрегатах успешно разливают термически неупрочняемые сплавы систем Al-Mn и Al-Mg [1]. Эти алюминиевые сплавы с интервалом затвердевания около 50 °С применяются также для изготовления кухонных принадлежностей и строительных профилей. Для автомобилестроения, авиации и космической техники наибольший интерес представляют высокопрочные сплавы систем Al-Cu-Mg (Д16), Al-Zn-Mg-Cu (В95), Al-Mg (АМг6). Однако сведения о процессах получения листового проката из сплавов с широким интервалом кристаллизации (≥ 100 °С) на машинах валковой разливки в настоящее время ограничены.

В этой работе представлены результаты исследования технологических особенностей процесса изготовления листового проката из сплава Д16 путем валковой разливки металла. Химический состав сплава Д16, интервал кристаллизации которого составляет $136\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($T_L = 638$, $T_S = 502\text{ }^{\circ}\text{C}$), представлен в таблице.

Химический состав сплава Д16

Сплав	Содержание элементов в сплаве, %мас.								
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	Ni	Другие	Al
Стандартный ДСТУ	максимально 0,5	максимально 0,5	3,8-4,9	0,3-0,9	1,2-1,8	максимально 0,1	максимально 0,1	максимально 0,1	90,8-94,7
Исследуемый	0,36	0,45	4,61	0,72	0,94	0,05	0,02	не определяли	92,81

Для получения проката из алюминиевого сплава использовали двухвалковую машину*, конструкция которой подобна установке, созданной в Научно-исследовательском институте специальных сплавов литья НАН Украины для получения чугунового листа [2]. Процесс получения листового проката на этой установке заключается в следующем. Жидкий металл заливают между вращающимися валками-кристаллизаторами, упруго прижатыми друг к другу (рис. 1). На валках намораживаются слои затвердевшего металла, которые при дальнейшей прокатке свариваются между собой. В начале прокатки затвердевших слоев сплава подвижный валок поднимается вверх, образуя зазор, величина которого соответствует толщине получаемого листа. Избыток расплава между затвердевшими слоями при их сваривании вытесняется обратно в межвалковую жидкую ванну.

В экспериментальной установке узел валков-кристаллизаторов состоит из двух станин. В станинах размещены подшипники валков и пружинные механизмы для их

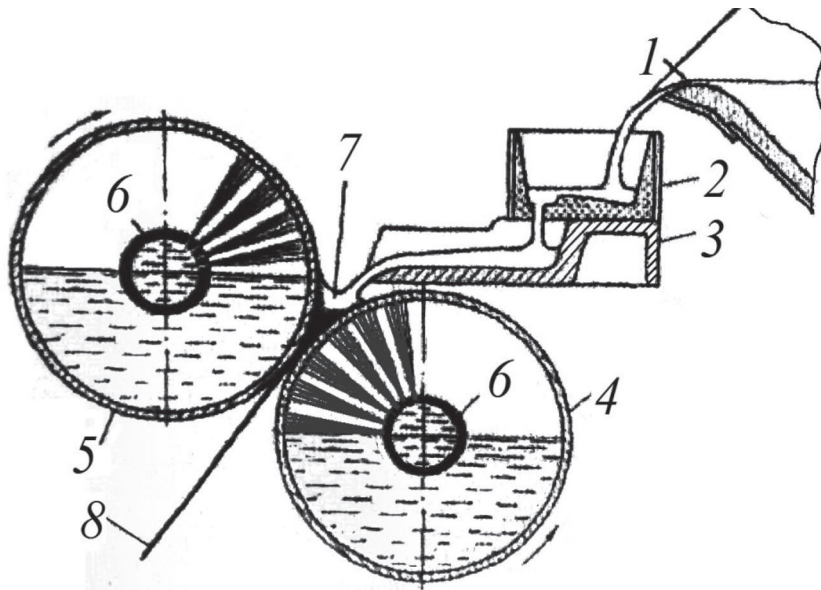


Рис. 1. Схема процесса получения листа на валковой разливочной установке [2]: 1 – ковш с жидким металлом; 2 – чаша; 3 – лотковый питатель; 4 – валок с приводом; 5 – валок без привода; 6 – охлаждающая вода; 7 – расплав; 8 – лист

* Установка приобретена при содействии чл.-корр. НАН Украины В. Л. Мазура, д.т.н. В. С. Медведова

сжатия. Центры валков расположены под углом 40° к горизонтали. Привод нижнего валка осуществляется цепной передачей от редуктора. Верхний валок вращается за счет фрикционной связи с приводным валком через кристаллизующийся металл. При такой фрикционной связи не достигается одинаковая скорость вращения валков. В результате этого в процессе прокатки происходит разрыв листа, формирующегося из алюминиевых сплавов. Поэтому провели реконструкцию машины и установили общий шестеренчатый привод*, который обеспечил одинаковую частоту вращения обоих валков.

Для заливки металла в установку использовали чугунную чашу с литниковым питателем шириной 200 мм. Для предотвращения растекания металла по длине валков применили боковые ограничители из графитовых плит. В каждом из ограничителей выполнены два радиальных выреза, которыми они прижимаются к валкам и повторяют их форму. Наличие ограничителей позволило поддерживать заданный уровень жидкого металла между валками и регулировать ширину получаемого листа. С целью предотвращения намораживания металла литниковый питатель и стенки ограничителей снабжены теплоизоляционными плитами из асботермосиликата толщиной 10 мм.

Для предотвращения налипания металла на очищенную поверхность валков пульверизатором наносили покрытие из смеси коллоидного графита с водой. Перед разливкой металла нанесенное покрытие сушили горячим воздухом, затем включали электродвигатель привода и устанавливали необходимую скорость вращения валков. Регулирование скорости вращения валков осуществляли частотным преобразователем путем задания необходимого напряжения на обмотке якоря. Нагрузку на привод валков оценивали по величине тока.

После завершения всех подготовительных операций** жидкий металл ковшем заливали в чашу, из которой по литниковому питателю он поступал на поверхность нижнего валка (рис. 2). В процессе заливки уровень металла между валками и ограничителями поддерживали постоянным и он не превышал верхнюю точку нижнего валка (рис. 3). При таком уровне жидкометаллической ванны угол контакта расплава с верхним валком составлял $\alpha_1 \sim 42^\circ$, а с нижним $\alpha_2 \sim 23^\circ$. Протяженность дуг поверхности контакта валков с жидким металлом для этих углов равняется 154 и 84 мм, соответственно.

Стабильность процесса формирования листа на разливочной машине поддерживали путем регулирования уровня жидкого металла и скорости вращения



Рис. 2. Заливка металла в установку

* Расчет шестеренной передачи выполнен А. Н. Машкиным

** В подготовке и проведении экспериментов принимали участие к.т.н. Гончаров А. Л., Вернидуб А. Г., Баклан В. П., Сиренко Е. А., Смирнов М. И.

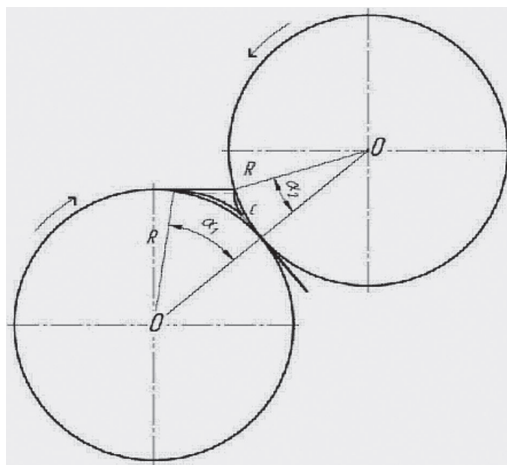


Рис. 3. Схема формирования листа при валковой разливке металла

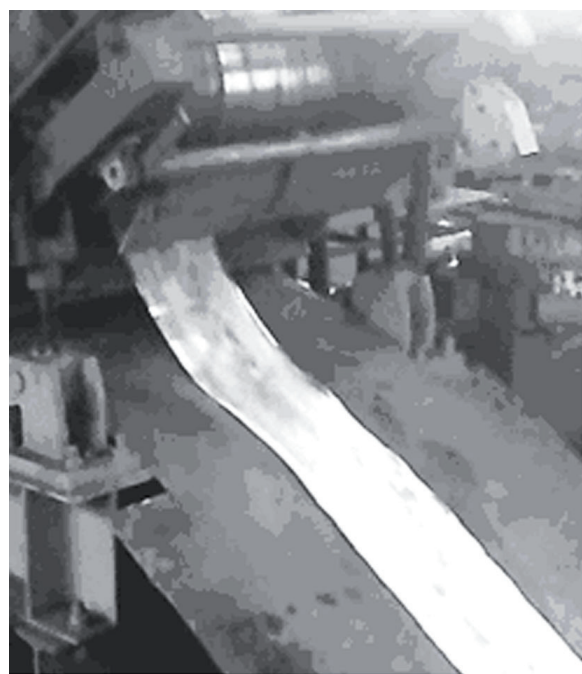


Рис. 4. Выход полосы из валков-кристаллизаторов

валков. При увеличении частоты вращения валков повышается расход металла через установку. Лист из валков поступает на криволинейный склиз (рис. 4), на котором металл охлаждается до температуры окружающей среды. При выходе из валков на склиз горячий лист не должен испытывать растягивающих или сжимающих напряжений, под действием которых возможно его разрушение.

Существенное влияние на процесс формирования алюминиевого листа оказывает температура сплава, подаваемого на валки. Разливка металла при температуре 680 °С (перегрев сплава 40 °С) с разной скоростью вращения валков не позволила получить качественный прокат толщиной 1,5-2,0 мм. При таком перегреве сплава процесс формирования листа был не стабильным, что приводило к его разрушению.

Экспериментально определили, что стабильное формирование листа в процессе валковой разливки металла достигается при перегреве сплава не более 650 °С, скорости его прокатки 0,3-0,7 м/с, уровне заполнения расплавом межвалкового пространства, соответствующего углу $\alpha_1 \sim 20^\circ$. При таких параметрах разливки толщину листа изменяли от 1,9 до 4,5 мм. После валковой прокатки полосы длиной 6-8 м имели разную толщину на концевых участках. Передний участок более тонкий, а задний утолщенный по сравнению с серединой полученной полосы. Эта разнотолщинность проката связана с недостаточным уровнем заполнения межвалкового пространства в начальный период и с пониженной температурой расплава в

конце разливки. Влияние скорости прокатки на изменение толщины листа оценивали путем регулирования частоты вращения валков. Так, при уменьшении скорости вращения валков от 0,68 до 0,32 м/с толщина листа увеличивается от 2,5 до 3,5 мм.

Металлографические исследования* показали, что исходный сплав Д16, который использовали в виде шихты, имеет волокнистую структуру из деформированных кристаллов α -твердого раствора алюминия (рис. 5, а). По границам этих кристаллов обнаруживаются тонкие интерметаллидные фазы, которые также ориентированы в направлении прокатки сплава.

Структура α -твердого раствора алюминия в листе, полученном на валковой установке, состоит из первичных кристаллов различной дисперсности. В структуре

*Металлографический анализ выполнил Дука В. М.

Новые методы и прогрессивные технологии литья

наблюдаются кристаллы размером 180-250 мкм со средней величиной дендритной ячейки около 50 мкм. Большой объем в структуре сплава занимают кристаллы дисперсностью 25-50 мкм с дендритными ячейками, средний размер которых не превышает 8 мкм (рис. 5, б). Также в достаточно однородной структуре сплава присутствуют дисперсные интерметаллидные и эвтектические фазы, которые расположены между ветвями первичных кристаллов.

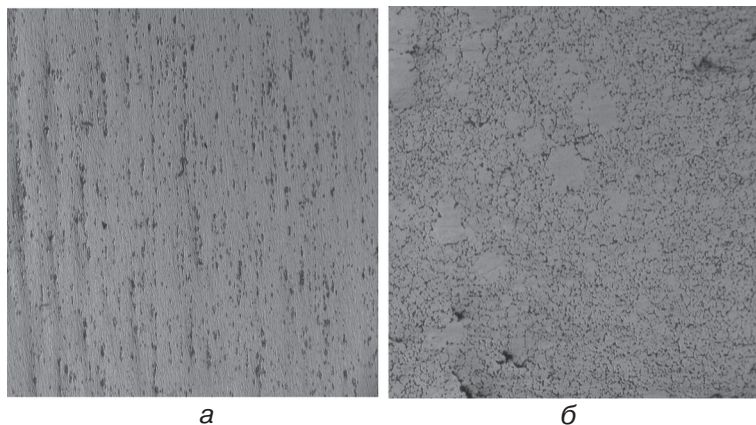


Рис. 5. Микроструктура ($\times 100$) исходного сплава Д16 (а) и листа, полученного на валковой разливочной установке (б)

Полученный на валковой разливочной машине лист толщиной 2 мм прокатали* в горячем и холодном состоянии. Горячую деформацию листа осуществляли при температуре 420 °С путем 2-3 пропусков через прокатный стан до степени суммарного его обжатия 50 и 75 %, соответствующего коэффициентам вытяжки 2 и 4. Холодную прокатку выполняли 2-3-х кратным пропуском литого листа через тот же стан до суммарного обжатия 68 %, что соответствует 3-х кратной вытяжке. После горячей и холодной прокатки повышается качество поверхности листа при постоянной его толщине во всех сечениях. Изменения внешнего вида образцов после горячей и холодной прокатки литого листа приведены на рис. 6.

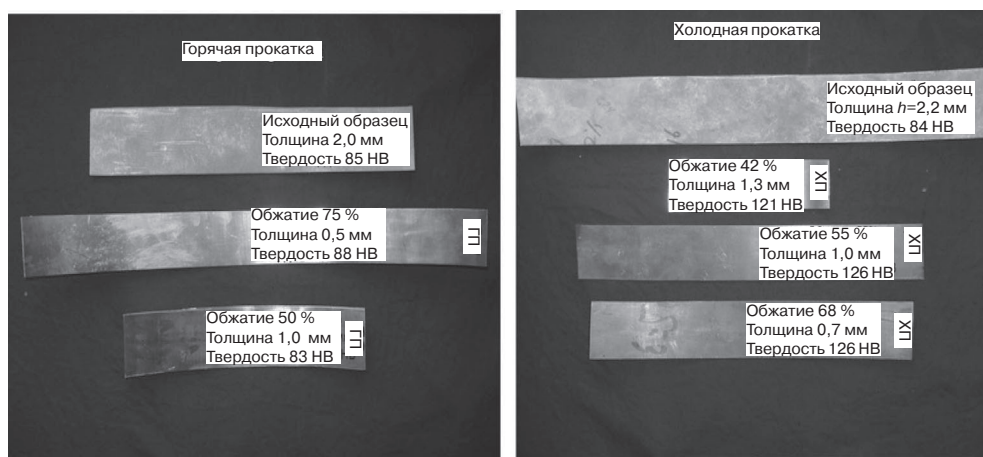


Рис. 6. Внешний вид образцов из литого, горячекатаного и холоднокатаного листов

*Прокатку образцов выполнил Воропаев В. С.

Твердость литого листа до прокатки на стане находилась в пределах 85-90 *НВ*. После горячей прокатки твердость сплава практически не изменяется и ее значение составляет 83-88 *НВ*. После холодной прокатки, в результате наклепа металла, твердость листа увеличивается до 126 *НВ*. Таким образом, при рациональных технологических режимах валковой разливки металла с последующей деформацией литого листа на стане можно получать из алюминиевых сплавов прокат с заданными структурой и свойствами.



Список литературы

1. Гридин А. Ю. Получение полос из высокопрочных алюминиевых сплавов валковой разливкой-прокаткой / А. Ю. Гридин, М. Шапер, В. Н. Данченко // Обработка металлов давлением. – 2011. – № 3 (28). – С.184-194.
2. Степанов А. Н. Производство листа из расплава / А. Н. Степанов, Ю. В. Зильберг, А. А. Неуструев // М.: Металлургия. – 1978. – 160 с.



References

1. Gridin A. Yu., Shaper M., Danchenko V. N. (2011) Poluchenie polos iz vysokoprochnykh alyumini-evykh spлавov valkovoy razlivkoу-prokatkoу [Production of strips from the high-strength aluminum alloy by rolling casting-rolling]. Obrabotka metallov davleniem, no. 3 (28), pp.184-194.
2. Stepanov A. N., Zilberg V., Neustruev A. A. (1978) Proizvodstvo lista iz rasplava [Production of sheet from the melt]. Moscow: Metallurgy, 160 p.

Поступила 06.03.2017