

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОНДЕЛЕЙ

Румянцева Ирина Аркадьевна

*Студент 1 курса,*

*кафедра «Материаловедение в машиностроении»,*

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Румянцев А.Н.,*

*кандидат технических наук, профессор кафедры «Химические технологии, машины и аппараты химических производств НТИ», филиал Сев КавГТУ.*

В настоящее время промышленность выпускает различные виды алюминиевой упаковки - гибкой, полужесткой и жесткой. К жесткой алюминиевой упаковке относят банки, аэрозольные баллоны, тубы, пробки, колпачки, крышки. По данным Европейской ассоциации производителей аэрозольных баллонов в 1999г. в Европе было произведено 1733 млн. алюминиевых баллонов, на производство которых было израсходовано более 50 тыс. т. алюминия. В частности в Англии за 2002-2005г. объем производства баллонов английского производства вырос на 35%. Стабильный рост объемов производства аэрозольных баллонов приводит к росту рынка ронделей – круглой алюминиевой заготовки, вырубаемой из ленты и из которой впоследствии производится аэрозольный баллон. По оценкам специалистов рынок ронделей для производства аэрозольных баллонов и туб в России оценивается в 10 тысяч тонн ежегодно. Однако, несмотря на то, что Россия производит более 3 млн. тонн алюминия в год, производство ронделей в нашей стране практически отсутствует. За последние десять лет были предприняты попытки наладить производство качественных ронделей на Самарском металлургическом заводе («Русал») и ОАО «Петербургский фольгопрокатный завод» (группа «Цветметсервис»). Наибольших успехов в производстве ронделей достигло последнее предприятие. В течение 2002-2003г. ими, совместно с основным потребителем ронделей в России ОАО «Арнест», были получены положительные результаты в достижении качественных показателей ронделей, однако, по экономическим причинам это производство было прекращено. В 2005г. при содействии ОАО «Арнест» было запущено производство ронделей на ОАО «Ирказ-Суал», г. Шелехов. На этом предприятии реализована, более современная и экономически выгодная схема производства ронделей. Однако, основной потребитель ронделей ОАО «Арнест» столкнулся с рядом трудностей при работе с этими заготовками: наличие сквозных отверстий в корпусе аэрозольного баллона, трудности с нанесением офсетной печати, вследствие повышенной шероховатости боковой поверхности алюминиевого стакана, повышенный износ инструмента. Учитывая, что себестоимость аэрозольного баллона на 70% состоит из стоимости ронделей, повышение их качества является важной народнохозяйственной задачей.

В связи с этим исследования, направленные на разработку технологий изготовления аэрозольного баллона с минимальными затратами и высоким качеством, являются актуальными и направлены на решение задачи, которая имеет важное народнохозяйственное значение, и вносит значительный вклад в ускорение научно – технического прогресса. Данное исследование является частью исследований проводимых на кафедре общинженерных дисциплин НТИ СевКавГТУ совместно с ОАО «Арнест» и направленных на разработку технологий, обеспечивающих повышение конкурентоспособности алюминиевой упаковки, методами обработки металлов давлением. Практическая ценность данной работы состоит в том, что на сегодняшний день рондели, применяемые для обратного выдавливания алюминиевого стакана, поступают из – за границы по средней цене 3850 \$ за 1 тонну, стоимость отечественных ронделей - 2550 \$ за 1 тонну, таким образом годовой эффект от их

внедрения на все типоразмеры алюминиевого баллона может составить сотни тысяч долларов.

Из литературы [1,2,3,4,5] выяснила, что аэрозольные баллоны получают методом холодного обратного выдавливания и основным требованием для проведения этой операции являются высокие пластические свойства металла, из которого изготавливают баллоны. Пластичностью называют способность металла деформироваться, не нарушая своей сплошности. Используя литературу [1,2,3,4,5], выяснила, что для того, чтобы алюминий хорошо деформировался, необходимо наличие мелких зерен в структуре металла. Предположив, что импортные рондели имеют более мелкозернистое строение, чем рондели отечественного производства, решила изучить их внутреннее строение и установить в чем их различие.

Цель данного исследования – оценка качества макро- и микроструктуры алюминиевых дисков – ронделей из алюминия технической чистоты производства трех фирм-производителей в двух состояниях: после непрерывной разливки и тепловой деформации и после рекристаллизационного отжига.

Объектами исследования служили диски – ронделей из алюминия марки А7, имеющие размеры  $\varnothing 44,8 \times 6$  мм, трех фирм-поставщиков: ОАО «Ирказ-Суал» (Россия, Иркутск), «Ньюман-Алюминум» (Австрия), «Алюман» (Греция). Рондели указанных фирм представлены в разных состояниях: после литья и тепловой деформации и после рекристаллизационного отжига. Отжиг иркутских ронделей выполнен на предприятии ОАО «Арнест». Рондели зарубежных поставщиков отожжены фирмой-поставщиком.

Анализ макро- и микроструктуры выполнен на пяти дисках каждого состояния фирм-поставщиков. Каждые два диска из пяти были протравлены в водном растворе смеси соляной, азотной и плавиковой кислот (плавиковая кислота 1,0 мл, соляная кислота 1, 5 мл (плотность 1,19), азотная кислота 2, 5 мл (плотность 1,4) и вода 95 мл) для выявления макроструктуры. Три других диска были разрезаны по диаметру на 4 равные части для приготовления микрошлифов и анализа микроструктуры: на поверхности диска, а также в поперечном сечении вдоль и поперек прокатки (рис.1). Состояние поверхности шлифов оценивали после полирования и после травления. В связи с высокой коррозионной стойкостью алюминия и наличия субзеренного строения выявление границ зерен (микроструктуры) представляло значительные трудности. Использовали три типа реактивов, добиваясь четкости границ зерен. На каждом шлифе анализировали форму и размер зерен. Микроструктуру исследовали на микроскопе «Неофот-21» при увеличениях 160 и 400 крат с последующим фотографированием микроструктуры цифровым фотоаппаратом.

Количественный анализ зеренной структуры проводили в соответствии с ГОСТ 5639-82. Для равноосной структуры определяли размер зерна. Для структуры с геометрической текстуры оценивали длину и ширину зерна. В ронделях, структура которых имела внутреннее строение, определяли среднестатистический размер субзерна. В соответствии с ГОСТ 5639-82 определяли номер зерна.

## **Результаты анализа макро- и микроструктуры ронделей производства фирмы**

### **«Алюман», Греция**

**Макроструктура** поверхностей ронделей после отжига имеет форму макрозерен (рис. 2), близкую к равноосной. Размер равноосных макрозерен несколько больше, чем у ронделей производства фирмы «Ньюман-Алюминум», Австрия.

**Микроструктура** поверхностей ронделей (рис. 3) и их поперечного сечения (рис.4) имеет четкие границы зерен, сформировавшиеся ранее – в литом металле. При пластической деформации литого металла они приобрели геометрическую ориентировку. Зерна заметно вытянуты. На поверхности рондели длина зерен составляет около 170 мкм, в поперечном сечении – 17 мкм. В поперечном сечении

рондели (см. рис.4) геометрическая текстура выражена несколько слабее, длина зерен - 140 мкм, в поперечном –25 мкм.

Внутри вытянутых кристаллов слабо заметны границы равноосных мелких зерен, образовавшиеся при первичной рекристаллизации.

### **Результаты анализа макро- и микроструктуры ронделей австрийской фирмы**

#### **«Ньюман-Алюминум»**

**Макроструктура.** Строение поверхности ронделей до отжига (рис.5) характеризуется наличием вытянутых в направлении пластической деформации зерен. Длина макрозерен изменяется в пределах 1,5-2,0 мм, поперечный размер таких зерен составляет примерно 1 мм. После рекристаллизационного отжига (рис. 6) вытянутость макрозерен проявляется слабо, их размер в поперечном направлении заметно уменьшается и в среднем колеблется около 0,5 мм.

**Микроструктура.** Анализ микроструктуры фиксирует следующее. До отжига. Выявляются темные границы первичных зерен – зерен литого металла, видоизмененные при тепловой деформации. На поверхности ронделя до отжига (рис. 7) зерна заметно вытянуты в направлении деформации. Их длина составляет 150-500 мкм; поперечный размер – 50-100 мкм. В поперечном сечении ронделя (рис.8) зерна не имеют строгой равноосности; они несколько вытянуты параллельно поверхности диска. На это указывает некоторое различие размера зерна в поперечном (20-50 мкм) и продольном (примерно 150 мкм) направлениях. После отжига: Границы бывших первичных зерен выявляются значительно четче. Изменяется их внутреннее строение. Образуются новые равноосные зерна. На поверхности рондели (рис.9) четко видны вытянутые первичные зерна Их длина составляет 120-400 мкм; поперечный размер – 40-100 мкм. Внутри таких зерен имеются мелкие зерна, сформированные при рекристаллизации. В поперечном сечении рондели наблюдается аналогичное строение. Отличие заключается в том, что первичные зерна имеют более равноосную форму при среднем размере 50-100 мкм. Внутри также расположены мелкие зерна, образовавшиеся после рекристаллизации.

### **Результаты анализа макро- и микроструктуры ронделей российской фирмы**

#### **«Ирказ-Суал» (Иркутск)**

**Макроструктура.** До отжига макростроение поверхности ронделей российской фирмы отличается вытянутой формой макрозерен (рис.10). Ярко выраженная геометрическая текстура свидетельствует о высокой степени пластической деформации, выполненной перед отжигом. После рекристаллизационного отжига (рис. 11) ориентированное расположение макрозерен не сохраняется. Наблюдается некоторое различие в размерах макрозерен на поверхности ронделей сравниваемых фирм-поставщиков. Размер макрозерен на поверхности иркутских ронделей несколько больше, чем на ронделей австрийской и греческой фирм. Различие в размерах макрообластей в отдельных зонах поверхности дисков достигает 1,5 раз.

**Микроструктура.** Анализ микроструктуры фиксирует следующее. До отжига на ронделей обоих состояний на поверхности и в поперечном сечении первичные кристаллы сильно вытянуты (рис. 12, 13). Наиболее заметно геометрическая текстура выражена на поверхности ронделей (см. рис. 12). Длина отдельных зерен составляет 500 мкм при поперечном размере 20-50 мкм. В поперечном сечении ронделя (см. рис.13) зерна имеют менее вытянутую форму. В поперечнике их размер составляет 80–100 мкм, а длина - 150-200 мкм. Границы зерен четкие. Их строения указывает на то, что рекристаллизация при тепловой прокатке не развивается. После рекристаллизационного отжига (рис. 14 и рис. 15) геометрическая текстура первичных зерен несколько уменьшается, но микроструктура состоит из вытянутых в

направлении прокатки кристаллов. Обнаруживаются равноосные зерна первичной рекристаллизации. Однако их размер достаточно большой и составляет 80-120 мкм, что заметно больше, чем у ронделей австрийской фирмы. Рекристаллизационный отжиг в иркутских ронделях не обеспечивает достаточно мелкозернистой равноосной микроструктуры, что отражается на уровне твердости и проявляется в пониженной способности металла к холодному выдавливанию.

Результаты металлографического анализа показывают значительное укрупнение зеренной структуры алюминия в ронделях, поставляемых ОАО «Ирказ-Суал» (Россия, Иркутск), вследствие собирательной рекристаллизации происходящей в алюминиевых ронделях на этапе их производства и отжига. Впоследствии, крупнозернистая структура приводит к пониженной способности металла к холодному обратному выдавливанию. Формирование равноосной мелкозернистой структуры зависит от степени пластической деформации, дробности пластической деформации, температурно-скоростных режимов при прокатке, скорости нагрева при отжиге, температуры нагрева, времени выдержки при отжиге и т. п. Наличие такого числа значимых факторов требует тщательной отработки всего технологического процесса производства ронделей. Выполнение такой процедуры даст возможность повысить деформационную способность ронделей иркутского производства, обеспечить ее на уровне, свойственном австрийским ронделям.

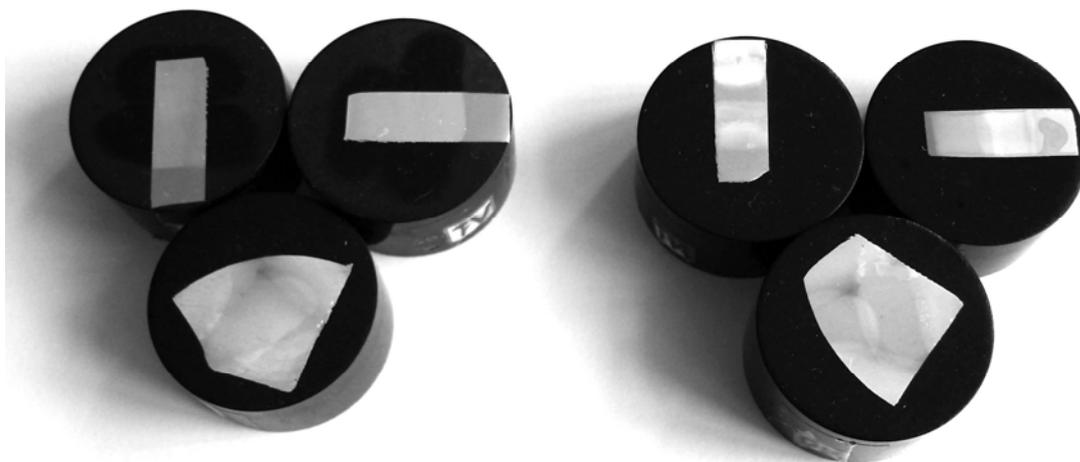


Рис. 1.Общий вид образцов для исследований

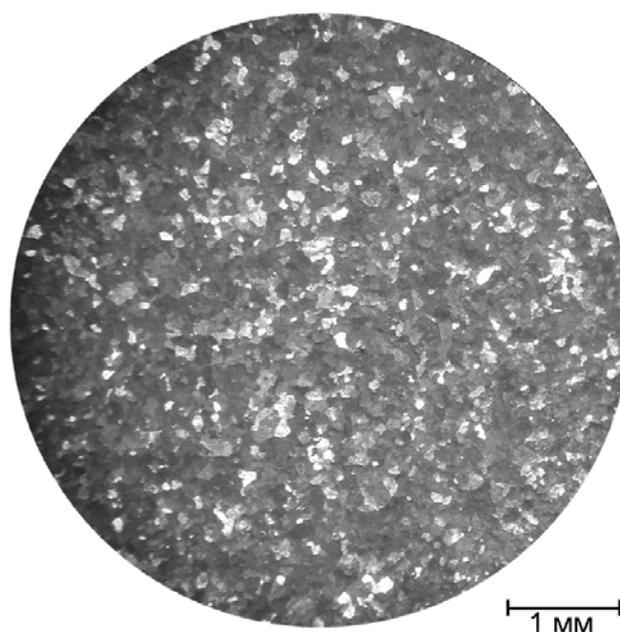


Рис. 2 Макроструктура ронделей производства фирмы «Алюман», Греция после отжига

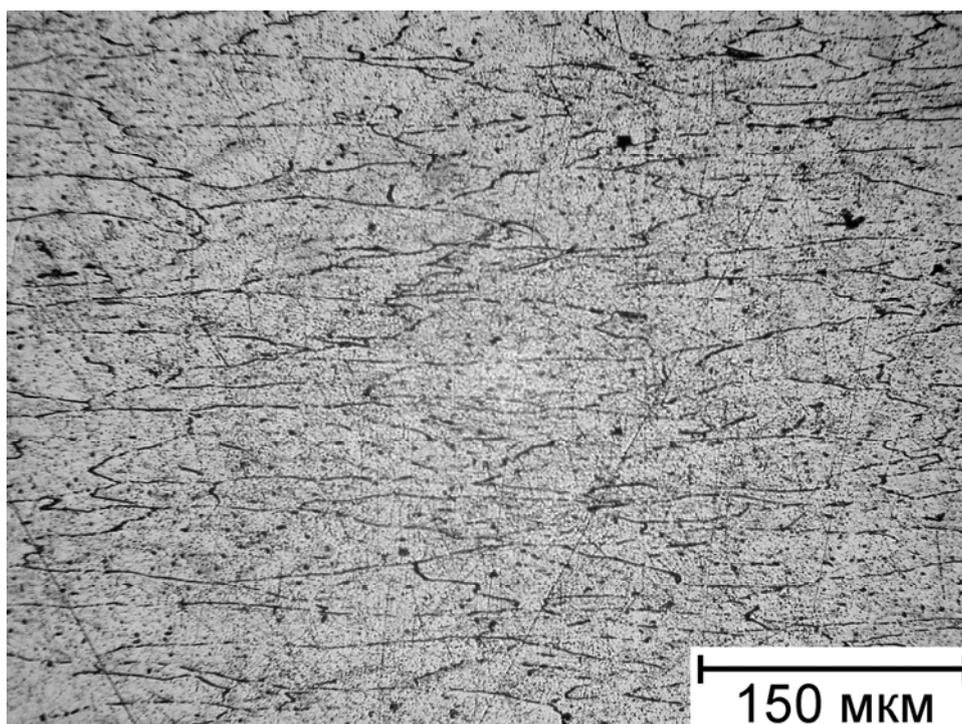


Рис. 3. Микроструктура поверхности ронделей фирмы «Алюман», Греция, после отжига

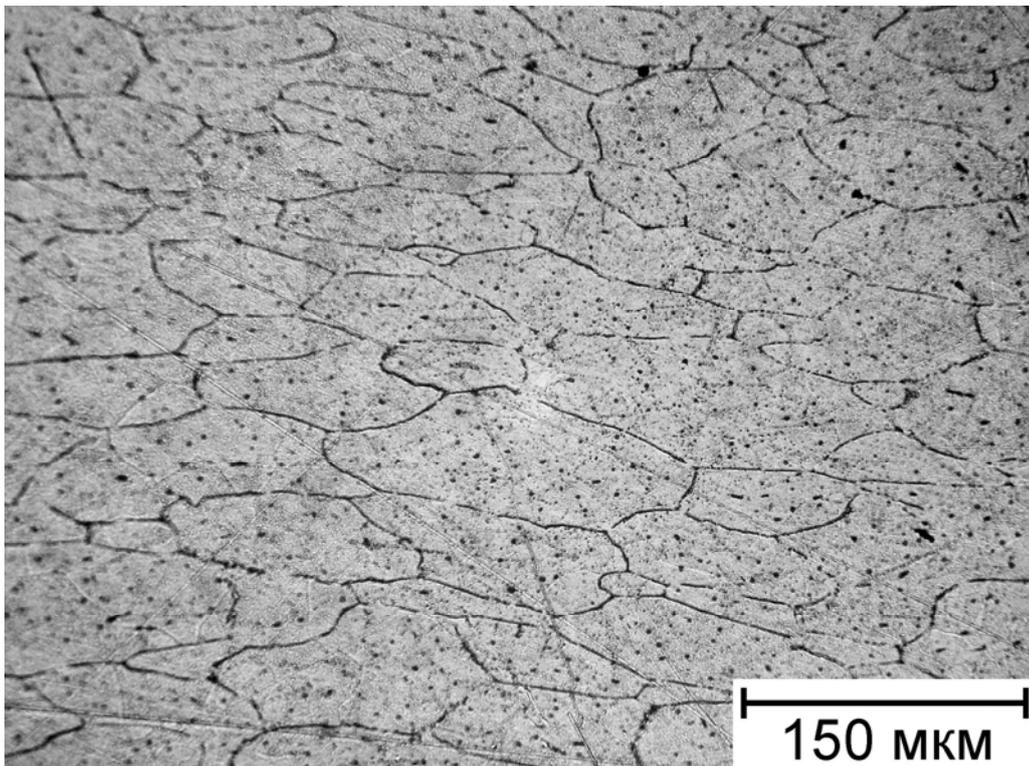


Рис. 4. Микроструктура поперечного сечения ронделей фирмы «Алюман», Греция, после отжига

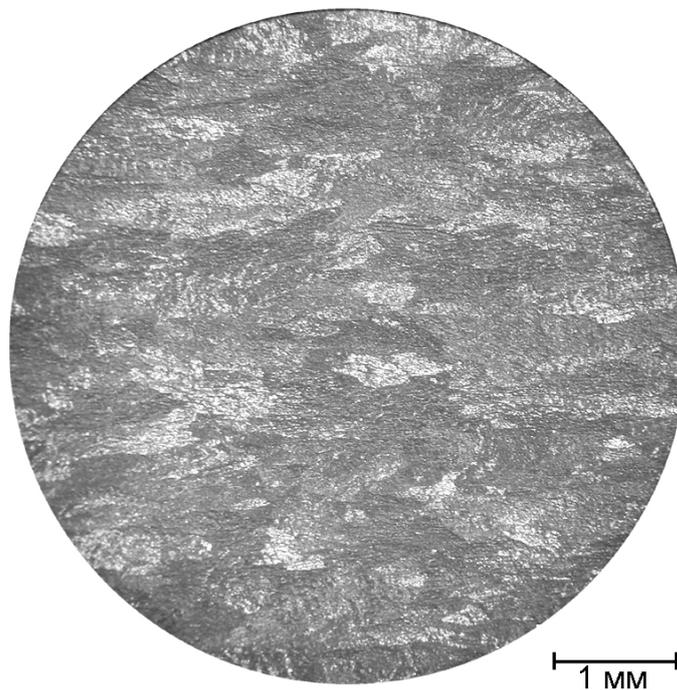


Рис. 5. Макроструктура ронделей производства «Ньюман Алюминиум», Австрия до отжига

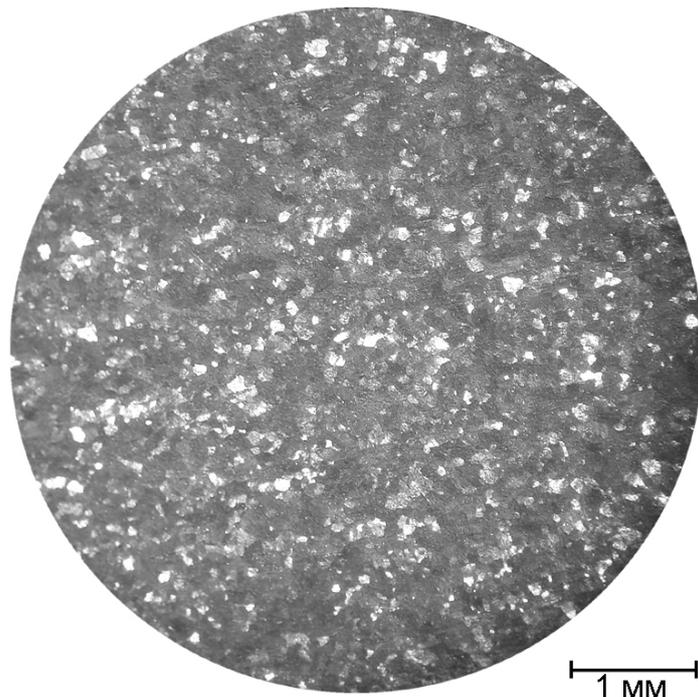


Рис. 6. Макроструктура ронделей производства «Ньюман Аллюминиум», Австрия после отжига

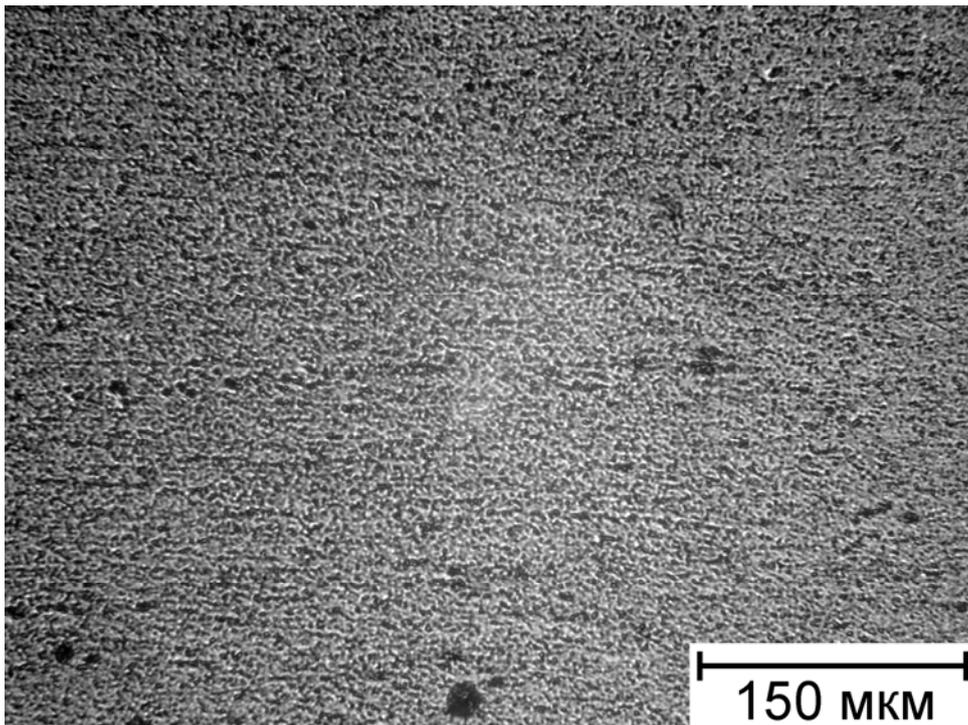


Рис. 7 Микроструктура поверхности ронделей производства «Ньюман Аллюминиум», Австрия, до отжига

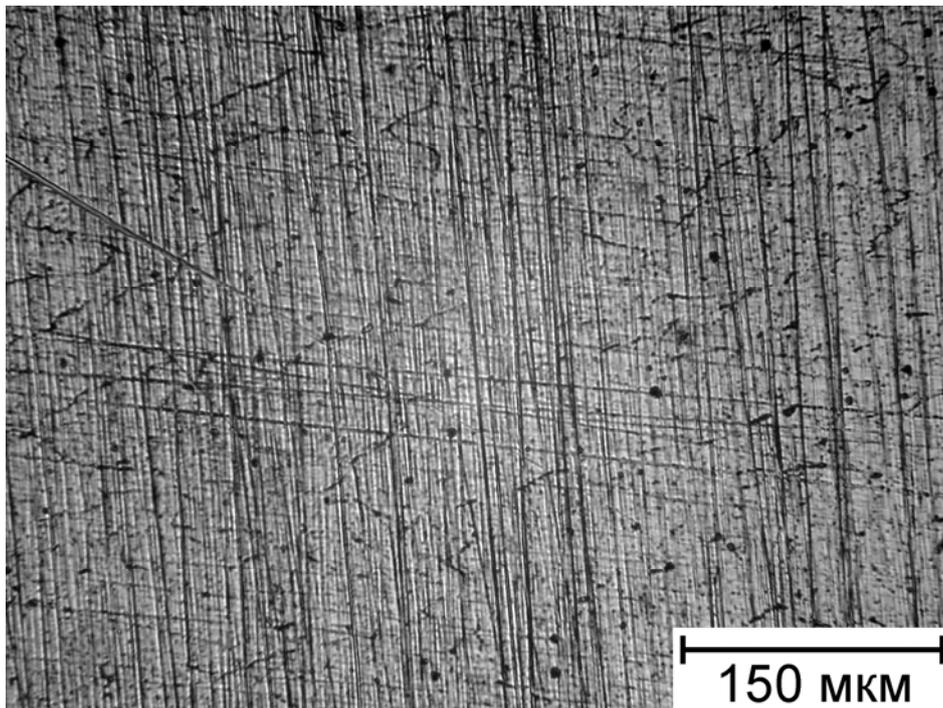


Рис. 8. Микроструктура поперечного сечения перпендикулярно направлению прокатки ронделей производства «Ньюман Алюминиум», Австрия, до отжига

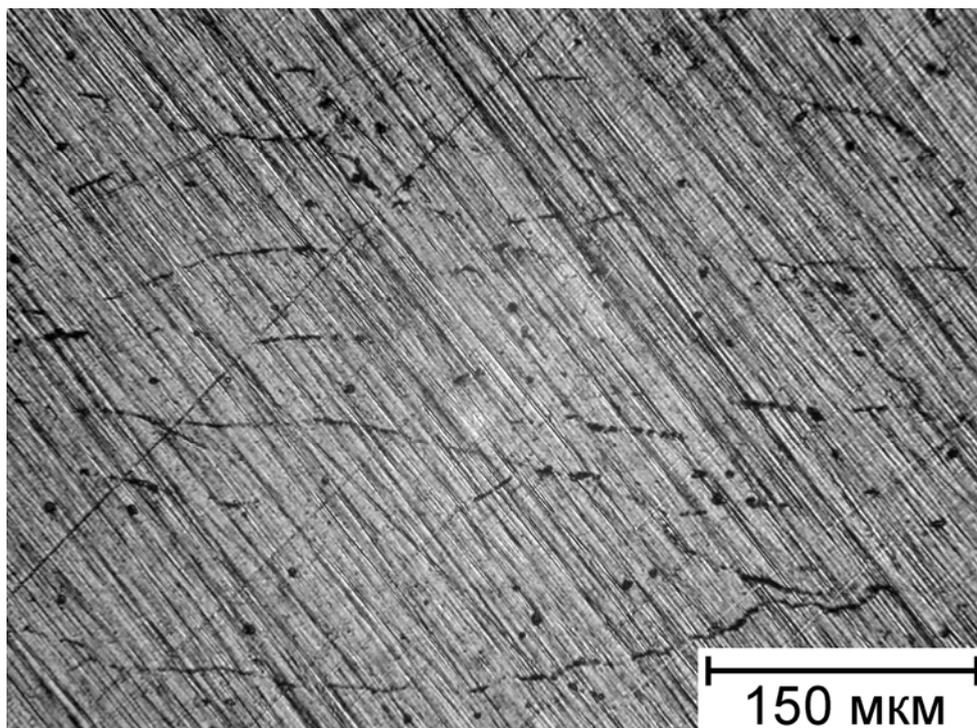


Рис. 9 Микроструктура поверхности ронделей производства «Ньюман Алюминиум», Австрия, после отжига

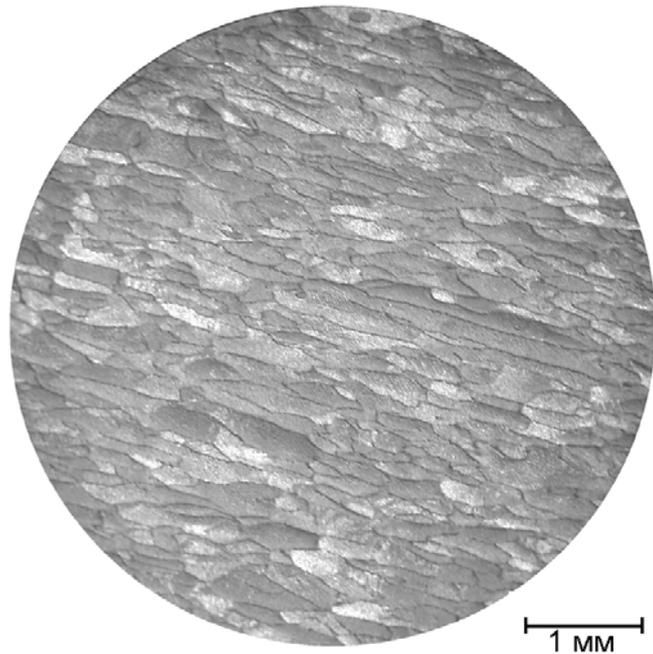


Рис. 10 Макроструктура рондолей производства ОАО «Ирказ – Суал», Россия до отжига

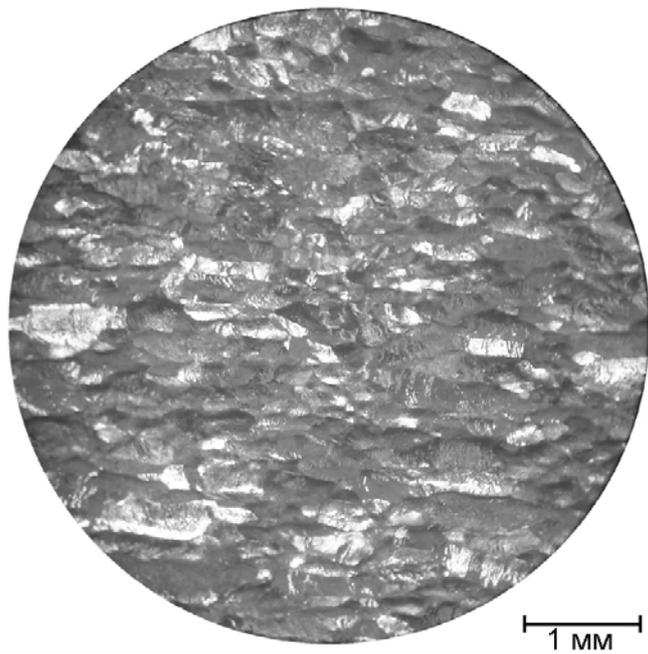


Рис. 11 Макроструктура рондолей производства ОАО «Ирказ – Суал», Россия, после отжига

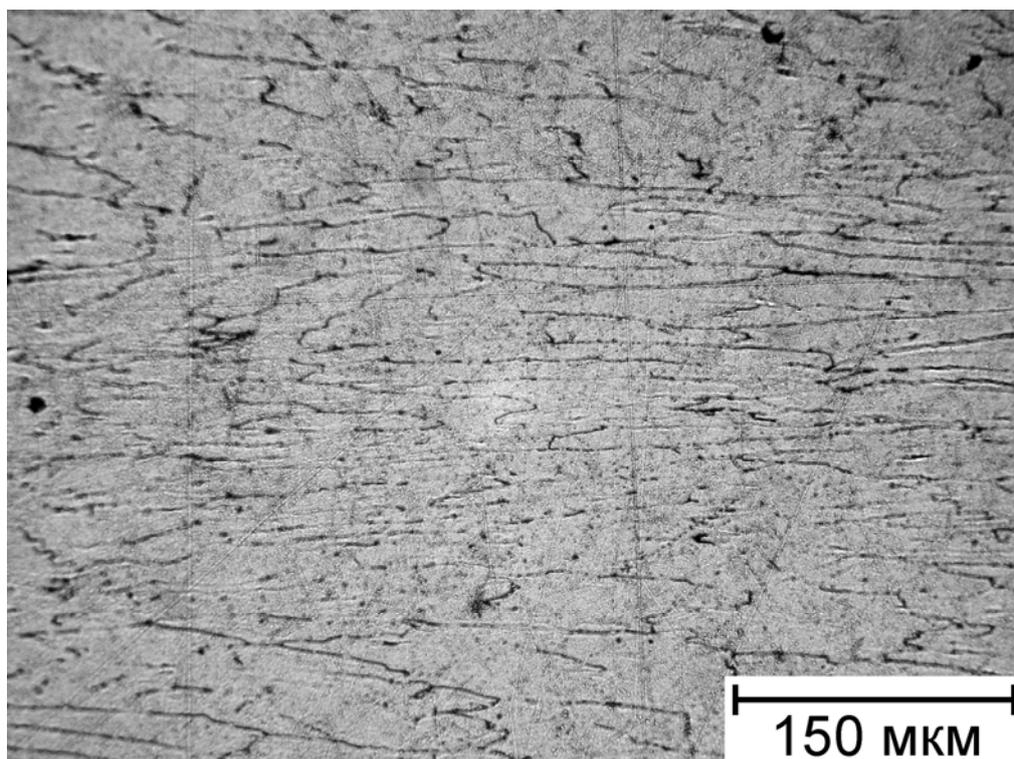


Рис. 12. Микроструктура поверхности ронделей фирмы ОАО «Ирказ - Суал», Россия, до отжига

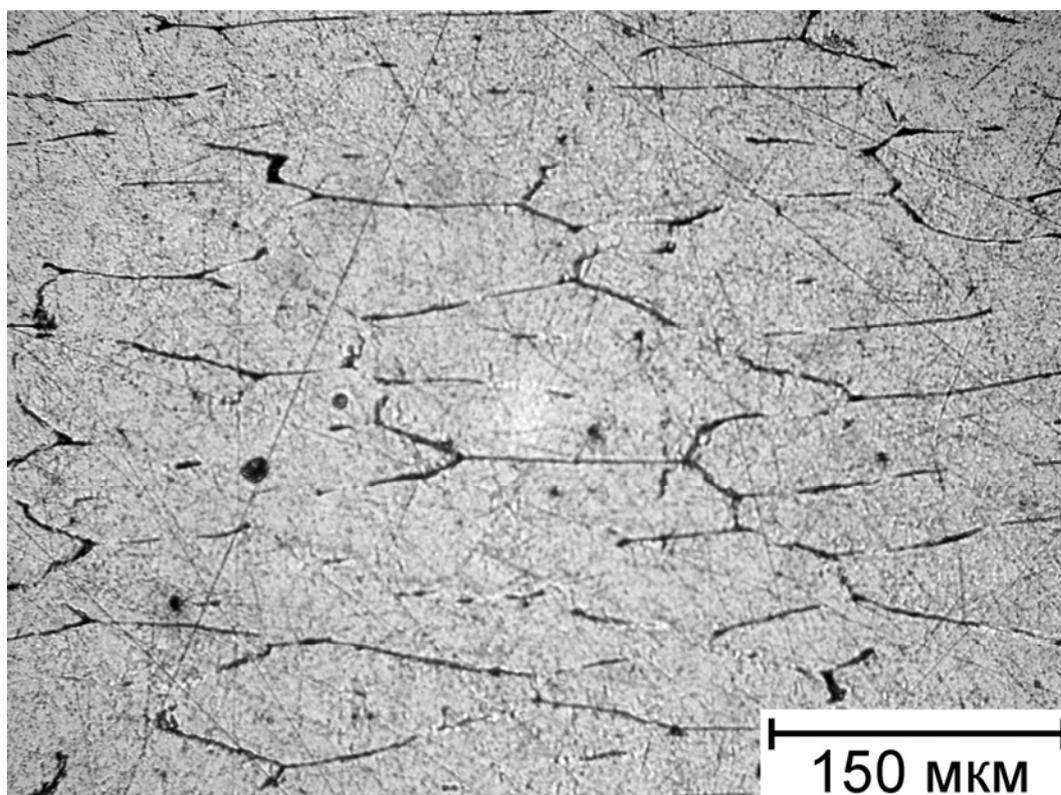


Рис. 13 Микроструктура поперечного сечения ронделей фирмы ОАО «Ирказ - Суал», Россия, до отжига

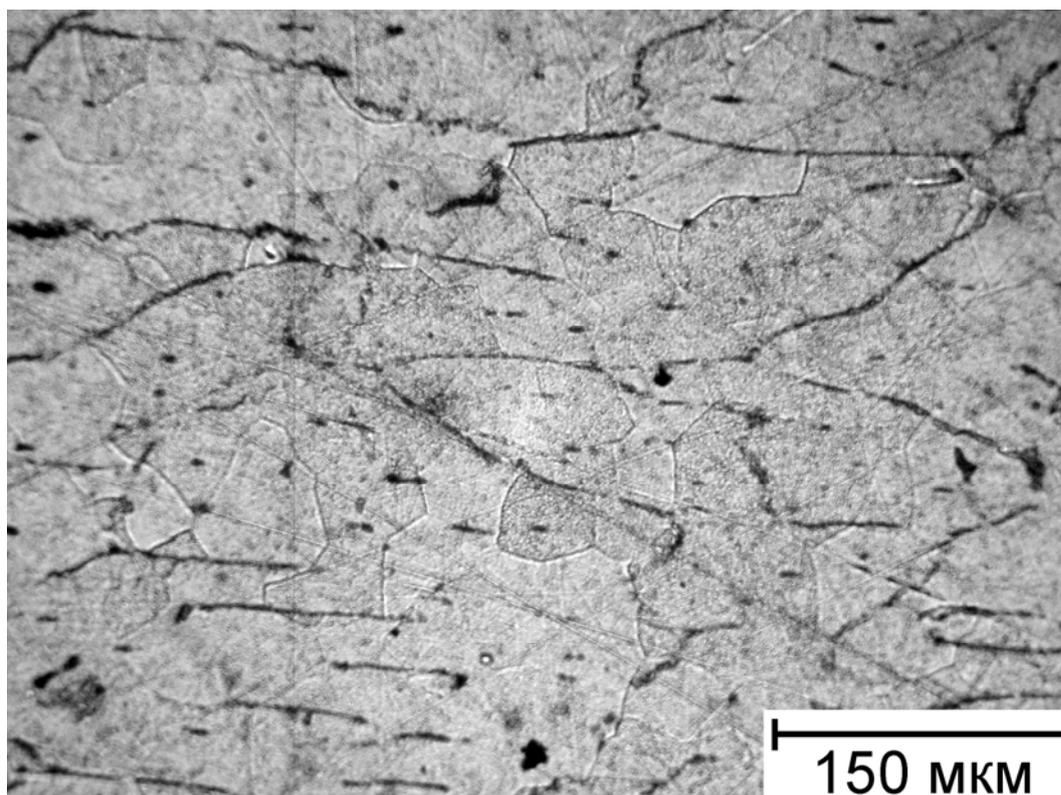


Рис. 14. Микроструктура поверхности ронделей фирмы ОАО «Ирказ - Суал», Россия, после отжига

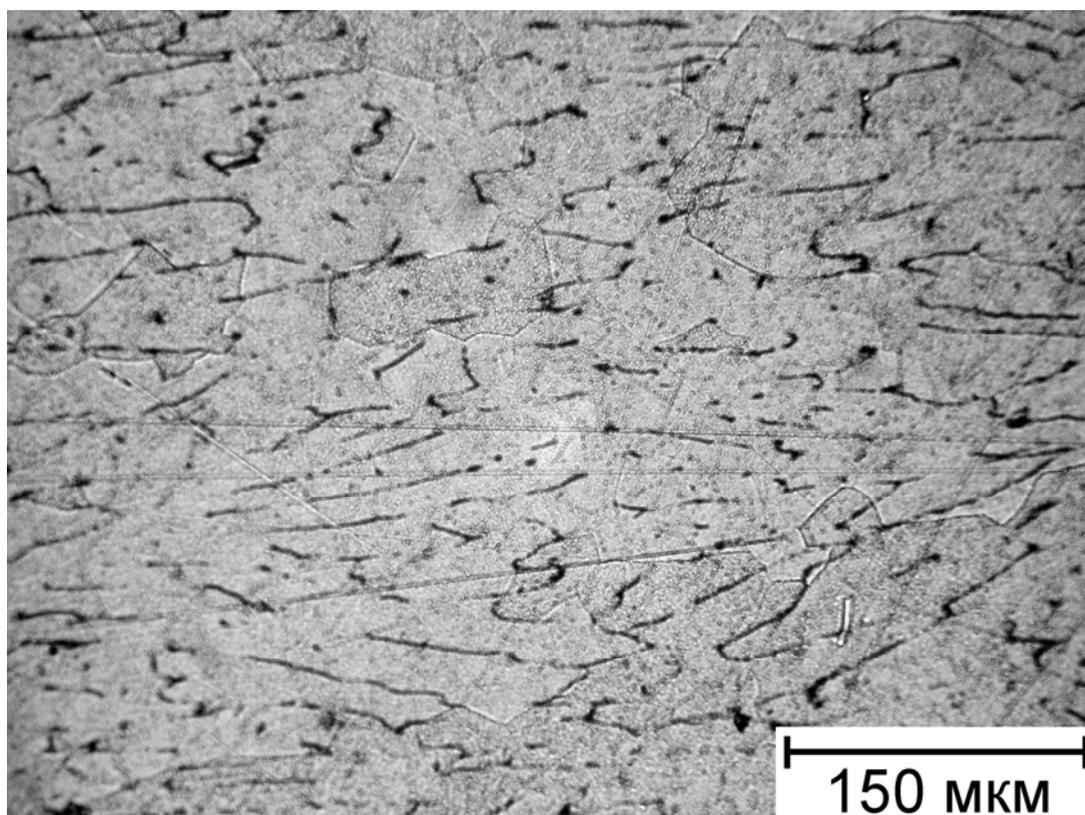


Рис. 15. Микроструктура поперечного сечения ронделей фирмы ОАО «Ирказ - Суал», Россия, после отжига

### Литература

1. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. *Материаловедение*. – М.: Металлургия, 1989.
2. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин А.И. *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов*. – М.: Металлургия, 1981
3. Лахтин Ю.М. *Основы материаловедения*. – М.: Металлургия, 1988.
4. *Материаловедение*./ Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др. Под ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 2005.