

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ДАВЛЕНИЕМ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

*Н.В. КУРЛАЕВ, доктор техн. наук, профессор,  
Н.А. РЫНГАЧ, канд. техн. наук, доцент,  
К.Н. БОБИН, канд. техн. наук  
(НГТУ, г. Новосибирск)*

Статья поступила 30 января 2012 года

**Бобин К.Н.** – 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, e-mail: yabkn@ya.ru

Проводится сравнительный анализ результатов электронной микроскопии материала кольцевых образцов, изготовленных методами статического пластического деформирования, без и после обработки импульсным магнитным полем. Оценивается достоверность численных расчетов уменьшения объема дефектов сплошно-сти при магнитно-импульсной обработке.

**Ключевые слова:** магнитно-импульсная обработка, качество, пористость, алюминиевые сплавы.

Развитие обработки деталей давлением импульсного магнитного поля (ИМП) в основном идет по следующим направлениям: формообразование тонкостенных деталей, сборка и сварка [1, 2]. Несмотря на большое количество работ, посвященных магнитно-импульсной обработке, некоторые ее свойства и особенности по-прежнему остаются мало изученными, в частности, влияние на структуру обрабатываемых материалов, усталостную долговечность, физико-механические свойства и т. д. [2–6]. Данные об экспериментальных исследованиях по влиянию обработки ИМП на структуру реальных листовых деталей из алюминиевых сплавов в литературе вообще отсутствуют. Поэтому была поставлена задача – провести такие экспериментальные исследования, а также оценить достоверность численных расчетов [7]. Для этой цели были изготовлены штамповкой эластичной средой и ИМП кольцевые образцы, часть из которых затем подвергалась МИО. Высота отбортовки и радиусгиба отбортовки были рассчитаны с условием, что деформации на кромке отбортовки образцов и радиусной части отбортовки будут соответствовать максимально возможным

за один переход статическим деформированием. Наружный и внутренний диаметры заготовки соответствовали наружному и внутреннему диаметрам рабочей зоны индуктора для штамповки (рис. 1). Использовался алюминиевый сплав Д16АТ л. 1,5.

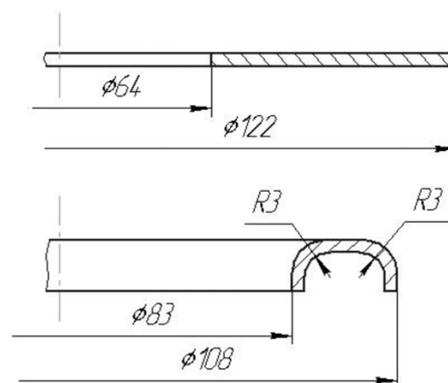


Рис. 1. Геометрические размеры заготовки и кольцевого образца

Статическое деформирование производилось на гидропрессе П-125 в контейнере с эластичной средой марки СКУ7Л. Материал формблока – сталь 45. МИО осуществлялась на установке МИУ-15. Использовался цилиндрический мно-

говитковый индуктор для раздачи (7 витков, размеры токопровода  $3 \times 7$ , диаметр рабочей зоны 82 мм). В качестве жесткой стенки использовался тот же формблок, что и для изготовления кольцевых образцов. МИО подвергалась кромка отбортовки кольцевого образца. Схема обработки приведена на рис. 2. Микроскопия проводилась с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO-420.

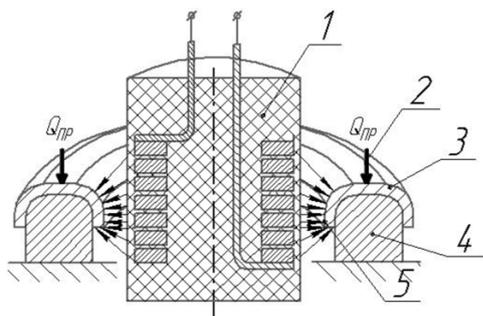


Рис. 2. Схема обработки кольцевого образца давлением ИМП:

1 – индуктор; 2 – прижим с усилием  $Q_{пр}$ ;  
3 – образец; 4 – формблок; 5 – зона обработки

Приготовление микрошлифов проводили по стандартным методикам, включающим операции шлифования на абразивных шкурках, полирования с использованием алмазных паст и химического травления. Микроскопии подвергались участки на кромке отбортовки за пределами скин-слоя (0,7...1,2 мм) и основного влияния импульсных токов вдоль проката. Типовые микрошлифы представлены на рис. 3–5. Оценка коэффициента пористости  $\alpha$ , равного отношению объема пор к общему объему материала, проводилась с помощью электронной микроскопии образцов с использованием вероятностно-статистической методики.

Обработка образца осуществлялась десятью разрядами МИУ. Энергия одного разряда МИУ составляла  $W_H \approx 5,08$  кДж. Удельная энергия тока в заготовке, отнесенная к единице площади обработки, имела значение  $w^* \approx 0,5$  Дж/мм<sup>2</sup>. Уменьшение объема пор в обработанном ИМП деформированном образце достигает  $\approx 33$  %.

Согласно математическому моделированию [3] для исходных параметров  $\alpha_0 \approx 0,0048$  алюминиевый сплав с динамическим пределом текучести  $Y_0 \approx 310$  МПа, при десяти разрядах с  $w^* \approx 0,5$  Дж/мм<sup>2</sup> происходит сокращение пори-

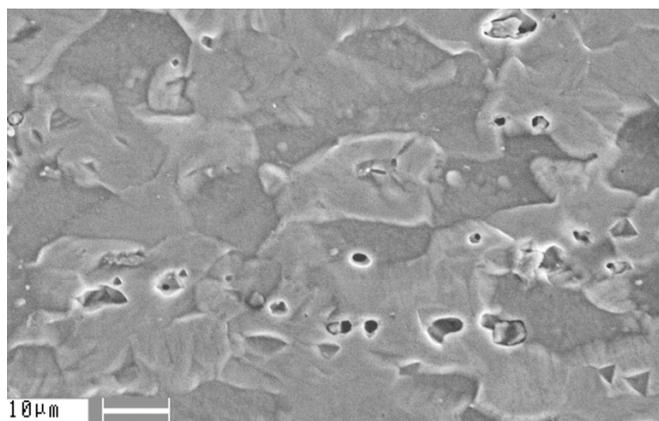


Рис. 3. Микрошлиф сплава Д16АТ (исходный,  $\alpha \approx 0,051$ )

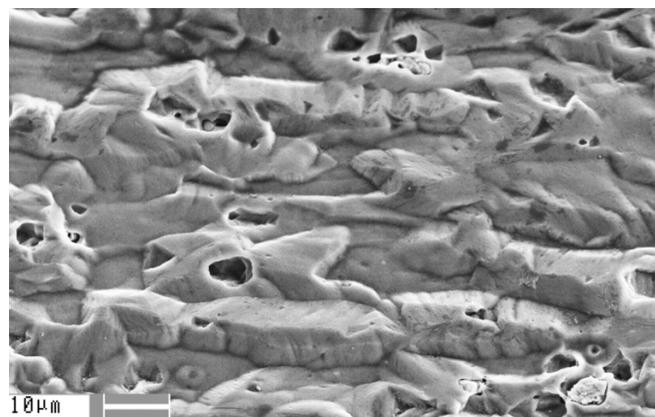


Рис. 4. Микрошлиф сплава Д16АТ (штамповка эластичной средой, кромка отбортовки,  $\alpha \approx 0,478$ )

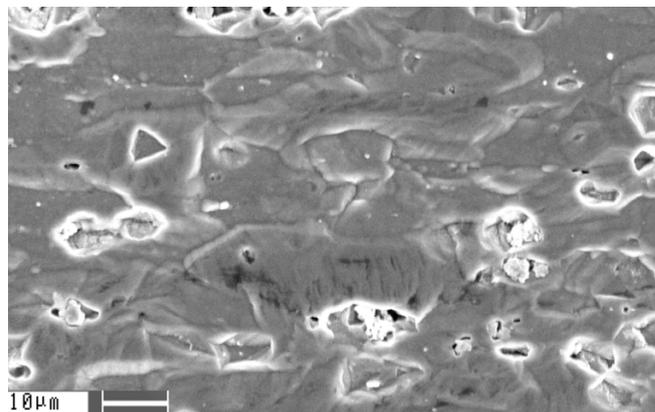


Рис. 5. Микрошлиф сплава Д16АТ (штамповка эластичной средой с последующей обработкой ИМП, кромка отбортовки,  $\alpha \approx 0,321$ )

стости на 27 %. Таким образом, экспериментальные данные изменения пористости расходятся с теоретическими данными в 1,3...1,35 раза.

Выводы и основные результаты:

– впервые экспериментально показано уменьшение объема технологических дефектов сплош-

ности в материалах кольцевых тонколистовых образцов при МИО;

– экспериментальные результаты по уменьшению объема пор при МИО отличаются от результатов численного моделирования приблизительно в 1,3 раза, что свидетельствует об удовлетворительном соответствии расчетных данных с экспериментом.

#### Список литературы

1. *Белый И.В.* Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / И.В. Белый, С.М. Фертик, Л.Т. Хименко. – Харьков, 1977. – 168 с.
2. *Курлаев Н.В., Гулидов А.И.* Влияние импульсной обработки на технологические дефекты деталей. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 168 с.
3. *Малыгин Б.В.* Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 112 с.

4. *Юдаев В.Б.* Повышение ресурса деталей летательных аппаратов воздействием ИМП / В.Б. Юдаев, Н.В. Курлаев, В.В. Красовский // Труды международной научно-технической конференции «Научные основы высоких технологий». – Новосибирск: НГТУ, 1997. – С. 215–219.

5. *Доронин Ю.Л.* Исследование возможности повышения конструкционных и эксплуатационных характеристик деталей летательных аппаратов импульсным воздействием высокоэнергетического электромагнитного поля: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МАТИ, 1992. – 18 с.

6. *Рынгач Н.А.* Исследование влияния импульсной нагрузки на дефекты сплошности алюминиевых сплавов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск: НГТУ, 2005. – 138 с.

7. *Курлаев Н.В., Гулидов А.И., Бобин К.Н., Рынгач Н.А.* Уменьшение дефектов сплошности в материалах штампуемых авиационных деталей // Авиационная промышленность. – 2009. – № 2. – С. 42–46.

#### Study of the possibility improving sheet parts by magnetic field pressure

N.V. Kurlayev, N.A. Ryingach, K.N. Bobin

The difference of microsections of the material of ring samples that had static plastic deformation before and after magnetic-impulse loading is analyzed. Has shown that the reduction of porosity after magnetic-impulse loading is about 1,3 time.

**Key words:** magnetic-impulse loading, quality, porosity, aluminum alloy.