

УДК 621.777

Разработка стенда и экспериментальное исследование процесса равноканального углового прессования заготовок из алюминиевого сплава*

Аборкин А.В., Бабин Д.М., Захаров А.А., Ёлкин А.И.

В работе рассмотрены вопросы, касающиеся разработки стенда и методики проведения на нем экспериментального исследования равноканального углового прессования заготовок из алюминиевого сплава АД0, а также изучения влияния температуры нагрева оснастки на энергосиловые затраты при прессовании. Прессование заготовок квадратного сечения 5,5 мм и длиной 40 мм выполнено при следующих параметрах процесса: угол пересечения каналов $\Phi=120^\circ$, радиус при пересечении каналов $r=3$ мм, температура оснастки соответствовала $\theta = 20-200^\circ\text{C}$, скорость прессования $v=10$ мм/с. В результате проведения эксперимента получены данные об изменении силовых параметров процесса прессования. На основе анализа диаграммы изменения усилий определены характерные стадии процесса прессования. Показано, что температура заготовки оказывает существенное влияние на усилие прессования.

Ключевые слова: равноканальное угловое прессование, интенсивная пластическая деформации, энергосиловые затраты, температура.

Stand development and experimental research of the process of equal channel angular pressing aluminum alloy blanks

Aborkin A.V., Babin D.M., Zaharov A.A., Elkin A.I.

The paper deals with the issues concerning stand development and methods of carrying out experimental equal channel angular pressing AD0 aluminum alloy blanks. Research on the effect of equipment heating temperature on the energy-power costs, when pressed, is considered as well. The experimental pressing of blanks of 40 mm length and 5.5 mm square section is performed under the following process parameters: channel intersection angle $\Phi=120^\circ$, channel crossing radius $r=3$ mm, equipment temperature $\theta = 20-200^\circ\text{C}$, pressing speed $v= 10$ mm/s. The experiments have provided data on the changes in power parameters pressing process. Pressing process characteristics are based on the analysis of force change chart. The blank temperature has a significant effect on the pressing force.

Keywords: equal channel angular pressing, intensive plastic deformation, energy-power costs, temperature.

Введение

Процесс равноканального углового прессования (РКУП) является одним из способов обработки металла давлением, где материал испытывает интенсивные пластические деформации. За счет реализации схемы простого сдвига во всем объеме заготовки происходит равномерное измельчение структуры. Путем многократного повторения процесса это измельчение может доходить вплоть до субмикронного уровня [1].

Несмотря на все свои очевидные преимущества, процесс РКУП до сих пор не реализован в промышленных масштабах. Это вызвано низкой стойкостью технологической оснастки и большими энергосиловыми затратами процесса.

Таким образом, исследования, посвященные развитию технологий интенсивной пластической деформации посредством повышения их эффективности и созданию оборудования для их осуществления, являются актуальными [2].

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №12-08-97556-р_центр_а, 12-08-31140-мол_а).

Целью работы является разработка стенда и проведение экспериментального исследования РКУП заготовок из алюминиевого сплава АД0, изучение динамики изменения силовых нагрузок и влияния температуры нагрева оснастки на энергосиловые затраты процесса.

Задачи экспериментального исследования

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать стенд и методику экспериментальных исследований энергосиловых параметров процесса РКУП;
- получить экспериментальные данные об изменении энергосиловых характеристик процесса РКУП алюминиевого сплава АД0;
- получить оценки влияния температуры

заготовки на изменение силовых параметров процесса РКУП.

Экспериментальное исследование энергосиловых параметров процесса РКУП проводили для случая упрочнения алюминиевых заготовок из сплава АД0. Химический состав в % материала АД0 ГОСТ 4784-97 и механические свойства сплава приведены в таблице 1.

Описание стенда и методики проведения экспериментальных исследований

На рис. 1 представлена общая фотография стенда, подготовленного для проведения РКУП. Стенд включает в себя машину для механических испытаний WDW-100E (1), состоящую из двух основных частей: силовой рамы, системы измерения силы, а также системы

Таблица 1

Химический состав и механические свойства АД0

Химический состав материала, %								
Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Примесей
до 0.4	до 0.25	до 0.05	до 0.05	min 99.5	до 0.05	до 0.05	до 0.07	прочие, каждая 0.03
Механические свойства								
Модуль Юнга $E \times 10^5$, МПа	Предел прочности σ_b , МПа	Предел текучести σ_t , МПа	Коэффициент Пуассона μ		Плотность ρ , кг/м ³			
0,71	150	40	0,33		2710			

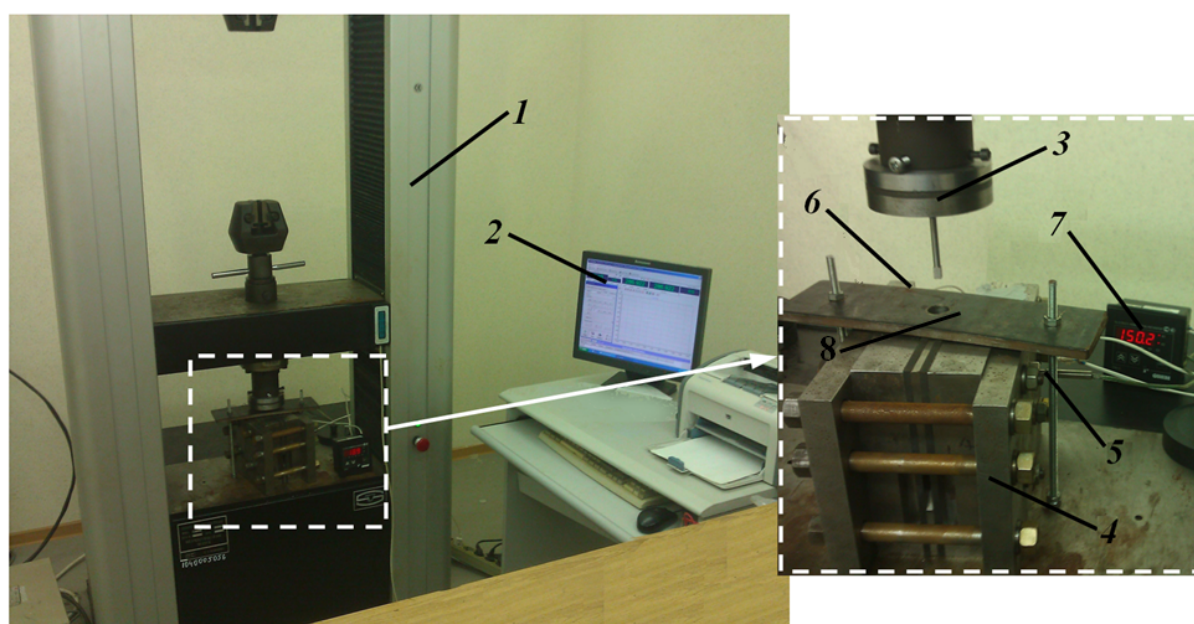


Рис. 1. Стенд для измерения силовых параметров процесса РКУП.

регистрации и обработки данных (2). Также в состав стенда входит оснастка для РКУП, включающая пуансонодержатель с пуансоном (3) и матрицу (4). Пуансонодержатель закрепляется в установочной муфте машины для механических испытаний, соединенной с датчиком нагрузки (тензодатчик), посредством которого определяются усилия. Матрица (4) устанавливается на станину машины для механических испытаний и закрепляется на ней посредством прижимной планки (8). Для того чтобы обработать полученные данные, преобразовать и отобразить их на экране монитора, сигнал нагрузки и сигнал перемещения траверсы (измеренный оптико-электрическим датчиком) обрабатывается контроллером фирмы Shijin.

Нагрев матрицы до заданной температуры осуществляется с помощью термоэлектрических нагревателей (6), контроль и управление температурой матрицы происходит за счет термодатчика ДТПЛ124-00.10/1,5К (5) и одноканального микропроцессорного измерителя пид-регулятора ТРМ10 (7) соответственно.

Измерение усилий проводили при первом проходе РКУП. Геометрические и технологические параметры процесса РКУП представлены в таблице 2.

Для получения оценок влияния температуры заготовки на изменение силовых параметров процесса, проведено РКУП при температуре матрицы – 20 ± 1 , 100 ± 1 , 150 ± 1 и 200 ± 1 °C. Для снижения коэффициента трения между заготовкой и стенками матрицы ис-

пользовали графитовую термостойкую смазку широкого применения ТУ0254-084-00284530-99.

Анализ результатов эксперимента

В результате проведения эксперимента получены данные об изменении силовых параметров процесса РКУП. На рис. 2 приведен типовой график изменения усилия в процессе РКУП заготовок из алюминиевого сплава АД0. Данные на рисунке 4 соответствовали РКУП заготовки из сплава АД0 при температуре заготовки $\theta = 20$ °C.

На рис. 2 также выделены характерные участки, соответствующие стадиям процесса РКУП.

На первой стадии, протекающей до 40-ой секунды, происходит в большей степени радиальное течение материала заготовки, что приводит к росту усилия прессования. Вторая стадия протекает с 40-ой по 70-ую секунду и соответствует началу процесса интенсивной пластической деформации (ИПД), что приводит к значительному увеличению усилия прессования. Третья стадия соответствует процессу ИПД и занимает интервал с 70 по 180 секунды.

Для оценки влияния температуры оснастки на необходимое усилие прессования проведена серия экспериментов. Графическая интерпретация результатов экспериментов приведена на рис. 3. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что максимальное усилие соответствует процессу РКУП

Таблица 2

Геометрические и технологические параметры исследуемого процесса РКУП

Параметры		Значения параметров
Материал заготовки		АД0
Угол пересечения каналов	Φ	120
Сечение заготовки	H [мм]	5,5
Длина заготовки	L [мм]	40
Радиус при пересечении каналов	R [мм]	3
Температура заготовки	θ [°C]	20-200
Скорость перемещения пуансона	v [мм/мин]	10

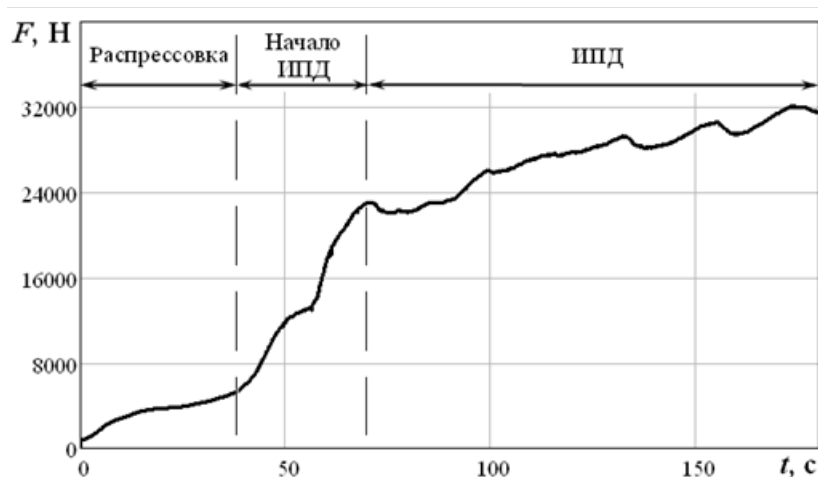


Рис. 2. Экспериментальная диаграмма изменения усилия в процессе РКУП.

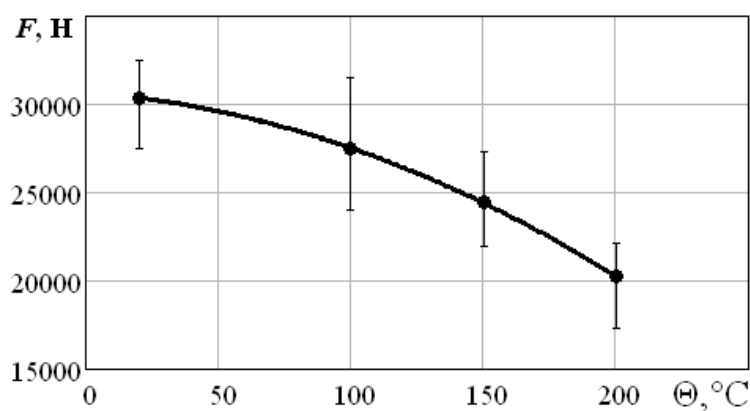


Рис. 3. Влияние температуры заготовки на усилие прессования.

при температуре оснастки 20°C и составляет 30кН. Увеличение температуры оснастки ведет к снижению необходимого усилия прессования. Например, при температуре оснастки 100°C необходимое усилие составило 27кН, а при 200°C – 21кН. Таким образом, увеличение температуры оснастки с 20°C до 200°C приводит к снижению необходимого усилия прессования в 1,5 раза.

Заключение

Проведено экспериментальное исследование процесса РКУП заготовок из алюминиевого сплава АД0. Получены экспериментальные данные об изменении усилий в процессе РКУП. Установлено влияние температуры заготовки на требуемую величину усилия прессования.

Полученные данные позволяют перейти к разработке и отладке комплексной имитационной модели процесса РКУП, отражающей кинетику изменения температуры, напряжений и деформаций в прессуемом материале и оснастке с учетом динамики изменения нагрузок на протяжении технологического цикла.

Литература

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 398 с.
2. Добаткин С.В. Механические свойства ультрамелкозернистых алюминиевых сплавов и возможности их использования // Технология легких сплавов, 2011, №3. – С. 5-17.

References

1. *Valiev R.Z., Aleksandrov I.V.* Bulk nanostructured metallic materials: preparation, structure and properties. – Moscow: ICC Akademkniga, 2007. – 398 p.

2. *Dobatkin S.V.* Mechanical properties of ultrafine-grained aluminium alloys and potentialities of their usage // Technology of light alloys, 2011, №3. – P. 5-17.

Статья поступила в редакцию 29 июля 2013 г.

Аборкин Артемий Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, Россия. E-mail: aborkin@vlsu.ru

Бабин Дмитрий Михайлович – ассистент колледжа федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, Россия. E-mail: necros-m2@yandex.ru

Захаров Александр Андреевич – ассистент кафедры «Технология машиностроения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, Россия. E-mail: zahar21157@yandex.ru

Ёлкин Алексей Иванович – кандидат технических наук, заместитель декана механико-технологического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир, Россия. E-mail: elkin@vlsu.ru

Aborkin Artemiy Vitaljevich – Ph.D., Vladimir State University, Vladimir, Russia. E-mail: aborkin@vlsu.ru

Babin Dmitriy Michaylovich – Teacher, Vladimir State University, Vladimir, Russia. E-mail: necros-m2@yandex.ru

Zaharov Aleksandr Andreevich – Teacher, Vladimir State University, Vladimir, Russia. E-mail: zahar21157@yandex.ru

Elkin Aleksey Ivanovich – Ph.D., Vladimir State University, Vladimir, Russia. E-mail: elkin@vlsu.ru