

Садыков М.А.

**1561 АЛЮМИНИЙ КУЙМАСЫНАН, КУЮЛГАН АБАЛЫНДА ЖОГОРКУ ИЙИЛЧЕКТИК ШАРТТАРЫНЫН КЭЭ БИР ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ**

Садыков М.А.

**О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1561**

*M.A. Sadykov*

**ABOUT SOME FEATURES OF SUPERPLASTIC DEFORMATION ALUMINUM ALLOY 1561**

УДК: 5393;669.2/8

*1561 алюминий куймасынан, куюлган абалында жогорку ийилчектик шарттарын эксперименталдык жол менен аныктоо маселеси каралган. Куйма, кысылууда жогорку ийилчектик абалда болуп ал эми чоюлууда бул абалдын кездешиптеги аныкталган. Кысылуудагы бул абал учун кошумча шарттар киргизилген.*

*Рассмотрена задача экспериментального установления режимов сверхпластичности алюминиевого сплава 1561 литом исходном состоянии. Показаны особенности сверхпластического деформирования, заключающиеся в отсутствии эффекта при растяжении и проявление его при сжатии. Для оценки сверхпластичности сплава в литом состоянии приняты дополнительные условия.*

*Consider the problem of experimentally determined regimes superplastic aluminum alloy 1561-cast. The show features the superplastic deformation, is the lack of effect in stretching a manifestation of its compression set. Assessment super-plastic-cast alloy agreement to additional terms.*

Результаты экспериментального исследования закономерностей высокотемпературной деформации промышленных алюминиевых сплавов в широком скоростном диапазоне при растяжении и сжатии подробно освещены в /1/. При этом показано, что, например, в литом исходном состоянии указанные сплавы проявляют сверхпластические свойства только в условиях одноосного сжатия.

Традиционный метод определения температурно-скоростных параметров сверхпластичности состоит в анализе /1/ результатов испытаний образцов. В работе /2/ термомеханические режимы развития сверхпластичности стали типа 12ХНЗМФА были установлены продольной прокаткой клиновых образцов на лабораторном стане дуо220 в валках с диаметром 220 мм и частотой вращения 1 об/мин. Полученные данные свидетельствуют о важности продолжения подобных исследований, поскольку достигается имитация осевого сжатия и, как правило, появляется возможность резкого уменьшения

количества испытываемых образцов. Очевидно, что при изучении сверхпластической прокатки требуется уточнение характера влияния скоростного фактора (в зависимости от параметров очага деформации) на основные энергосиловые и деформационные показатели.

Рассмотрим процесс изотермической горячей продольной прокатки клиновых образцов сплава 1561 в литом и предварительно деформированном по различным режимам состоянии. Прокатку осуществляли на лабораторном стане дуо220 со следующими техническими характеристиками – диаметр валков 220 мм, длина бочки валков 250 мм, частота вращения валков (0,83...1) об/мин, мощность привода 19,7кВт.

Химический состав сплава 1561 – 5,88 % Mg; 1,03 % Mn; 0,16 % Zr; 0,12 % Si; 0,08 % Fe, остальное Al. Литой металл подвергался гомогенизационному отжигу при 733±5 К в течении 24 часов с последующим охлаждением на воздухе.

С целью приближения процесса прокатки к изотермическому валки стана подогревались с помощью электронагревательной установки до температуры 430 К. Экспериментально предварительной прокаткой образцов с зачеканенными в средней части по длине термopарами было установлено, что основные температурные потери происходят во время прохождения металлом очага деформации – за счет передачи тепла валкам. Для компенсации температурных потерь, которые в диапазоне температур нагрева металла (673...773) К составляли (40...60) К, повышали температуру исходных клиновых образцов.

Для исследования зависимости скоростного фактора сверхпластического течения от геометрии очага деформации использовались клиновые образцы двух типоразмеров (рис. 1). Характеристики образцов и показатели процесса прокатки представлены в таблице 1.

Режимы прокатки исходного материала и клиновых образцов

Тип образца	Состояние материала	Режим прокатки исходного материала			Режим прокатки клиновых образцов при температуре нагрева 793 К		
		температура нагрева, К	средняя скорость деформации, $c^{-1}$	суммарная деформация, %	толщина проката, мм	средняя скорость деформации, $c^{-1}$	% до образования трещины
I	литое	–	–	–	5	$2,3 \cdot 10^{-2}$	32
II	деформированное по стандартной технологии	733	$1 \cdot 10^{-2}$	92	2	$5,0 \cdot 10^{-2}$	55
I	деформированное	693	$3 \cdot 10^{-2}$	33	5	$2,3 \cdot 10^{-2}$	59
II	деформированное	693	$3 \cdot 10^{-2}$	99	2	$5,0 \cdot 10^{-2}$	66
II	деформированное	793	$3 \cdot 10^{-2}$	48	2	$5,0 \cdot 10^{-2}$	69

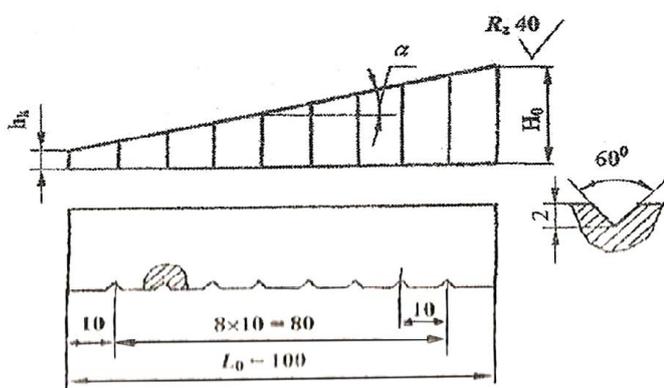


Рис. 1. Вид клиновых образцов:

Тип I –  $H_0 = 25$  мм;  $h_k = 5$  мм;  $\alpha = 11^\circ$

Тип II –  $H_0 = 10$  мм;  $h_k = 2$  мм;  $\alpha = 4^\circ$

Опытами установлена зависимость протяженности очага деформации при прокатке (длина дуги захвата  $L$ ) от степени деформации по длине клиновых образцов (рис. 2).

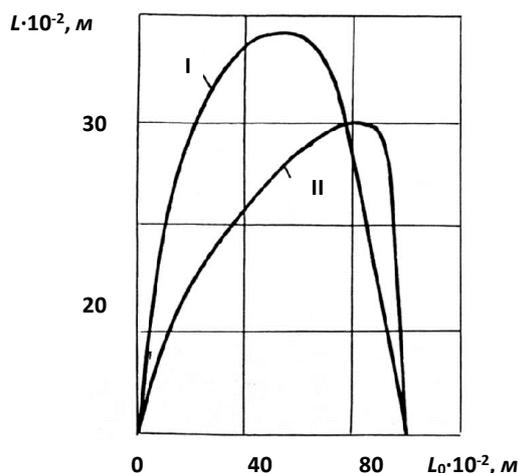


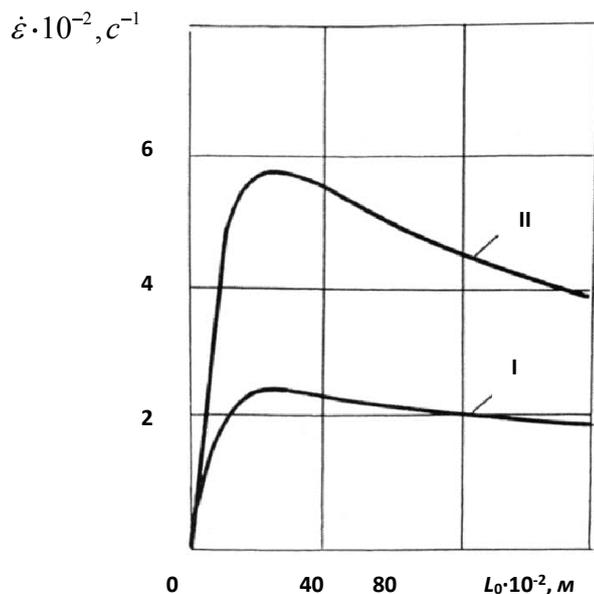
Рис. 2. Зависимость длины дуги захвата от степени деформации по длине клиновых образцов I и II.

Длина дуги захвата образца типа I изменяется по кривой, достигающей максимума при степени сжатия 55 %, с дальнейшим резким снижением до 90 % при последующем обжатии. Для уточнения влияния скоростного фактора на развитие эффекта сверхпластичности остановились на клиновом образце типа II, характеризующегося более плавной зависимостью длины очага деформации от степени обжатия при прокатке. Такое уточнение призвано обеспечить наиболее приближенный к реальным условиям характер зависимости скорости деформации по длине образца и возможность получения более корректных результатов исследования для практического использования. Скорость деформации определялась, как рекомендовано в [2], по формуле А.И. Целикова

$$\dot{\varepsilon} = \frac{v(\Delta h_i R)^{1/2}}{h_i R}, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус валков,  $\Delta h_i$  – абсолютная деформация на расстоянии  $l_i \in ] 0, L_0 [$  от начала клинового образца,  $v$  – окружная скорость валков,  $h_i$  – исходная толщина образца в сечении  $i$ .

Результаты обработанных экспериментальных данных представлены графиками на рис. 3. Из графиков видно, что скорость деформации образца типа I, толщина которого после прокатки составила  $5 \cdot 10^{-2}$  м ниже, чем образца типа II с толщиной после прокатки  $5 \cdot 10^{-2}$  м. Это означает, как отмечено в [3], что скорость деформации при прокатке клиновых образцов определяется не только величиной угла между прокатываемыми поверхностями. Указанная скорость при одинаковых степенях суммарной деформации зависит и от толщины прокатываемого клинового образца – чем тоньше прокат, тем выше скорость деформации в процессе прокатки.



**Рис. 3.** Изменение скорости деформации по длине клиновых образцов типа I и II при продольной прокатке.

Одним из важных параметров, определяющих энергосиловые и деформационные показатели процесса прокатки, является уширение. Зависимость коэффициента уширения  $\lambda = b_i/b_0$  от степени суммарной деформации  $\varepsilon$  (%) показана графически на рис. 4, где через  $b_0$  обозначена исходная ширина образца,  $b_i$  – ширина образца в сечении  $i$  после прокатки.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при сверхпластической деформации клиновые образцы претерпевают значительно меньшее уширение, чем рассчитанное для стандартного процесса горячей прокатки. Установлено, что уширение исследуемых образцов зависит от типа образца, исходного состояния материала и степени предшествующей суммарной деформации. Наибольшее уширение получено на образце типа I из материала в литом состоянии (кривая 1 на рис. 4). Несколько меньше уширение образца такого же типа из предварительно деформированного материала со степенью суммарной деформации 33 % и скоростью  $3 \cdot 10^{-2} c^{-1}$  (кривая 3 на рис. 4). Наименьшее уширение получил образец типа II из материала, прокатанного в условиях сверхпластической деформации при  $\vartheta = 793 K$ ,  $\dot{\epsilon} = 3,0 \cdot 10^{-2} c^{-1}$  со степенью суммарной деформации 66 % (кривая 2 на рис. 4). Несколько больше уширение у образца 5 (рис. 4) из материала после прокатки со степенью суммарной деформации 48 % и  $\vartheta = 693 K$ ,  $\dot{\epsilon} = 3,0 \cdot 10^{-2} c^{-1}$ . Наибольшее уширение получено при прокатке образца типа II, изготовленного из материала серийной поставки, прокатанного по промышленной технологии при  $\vartheta = 733 K$ ,  $\dot{\epsilon} = 1,0 \cdot 10^{-2} c^{-1}$  и суммарной деформации 92 % (кривая 2 на рис. 4).

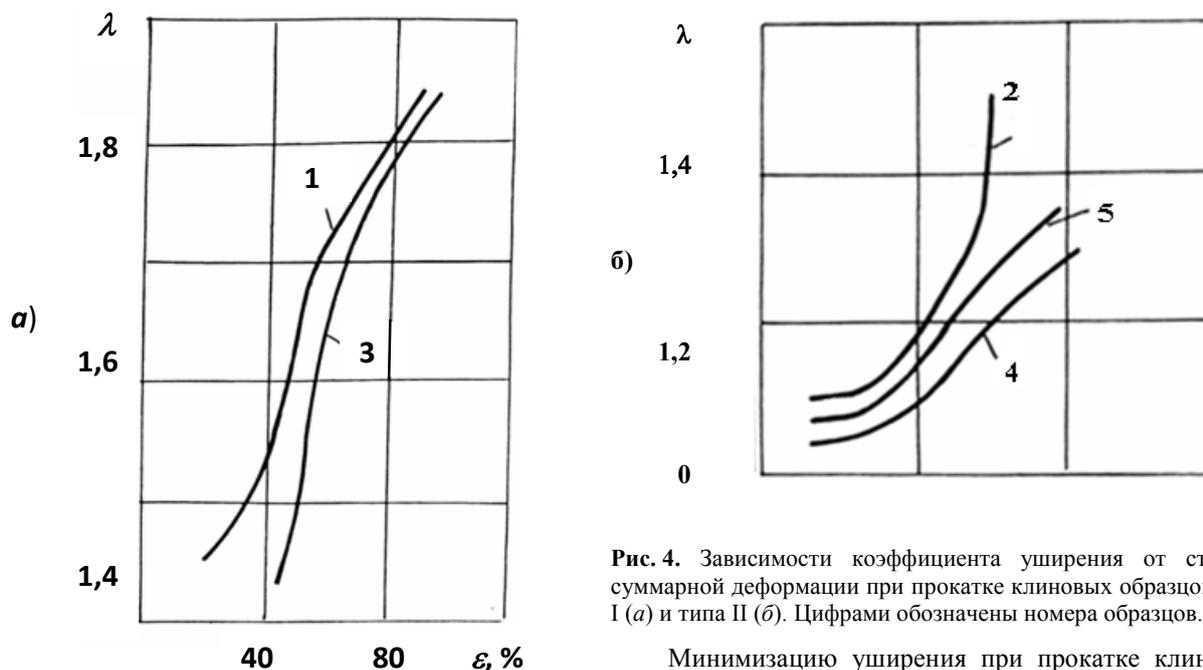


Рис. 4. Зависимости коэффициента уширения от степени суммарной деформации при прокатке клиновых образцов типа I (а) и типа II (б). Цифрами обозначены номера образцов.

Минимизацию уширения при прокатке клиновых образцов в режимах сверхпластичности можно объяснить измельчением исходной литой или деформированной структуры, наблюдаемой в процессе динамической рекристаллизации /4/. При этом естественно ожидать снижение деструкции и, как следствие, уплотнение материала с формированием качественной структуры.

Полученные результаты позволяют дать обоснованные рекомендации для режимов деформации при изготовлении листового проката из сплава 1561, основанных на использовании сверхпластичности /5/. В целях уменьшения энергосиловых параметров процесса и неравномерности деформации при прокатке, а также повышения механических характеристик проката представляется целесообразным выполнять прокатку в два этапа. При этом степень суммарной деформации на первом этапе может быть ограничена 60 %. Такой подкат можно получать на станах с обычными скоростями деформирования без снижения производительности прокатного оборудования. На втором этапе изготовления проката из сплава 1561 эффективна прокатка в температурно-скоростных условиях сверхпластичности при  $\Theta = 793 \text{ K}$ ,  $\dot{\varepsilon} = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ c}^{-1}$ .

Практическая реализация условий сверхпластичности возможна на прокатном оборудовании с частотой вращения валков 1 об/мин при диаметре не менее 210 мм, как и было установлено на лабораторном стане с аналогичными характеристиками.

Таким образом, показаны возможности использования зависимостей между параметрами очага деформации при продольной прокатке клиновых образцов для расчетов с последующей реализацией температурно-скоростных условий сверхпластической деформации.

#### Список литературы:

1. Рудаев Я.И. Введение в механику динамической сверхпластичности. – Бишкек: КPCY, 2003. – 134 с.
2. Киселёв Л.Е., Криворотов В.И., Чашников Д.И. Геометрические и кинематические параметры очага деформации при продольной прокатке клинового образца на гладкой бочке // Судостроительная промышленность, серия материаловедение, 1989. – Вып.11. – с.75-79.
3. Hildebrand M., Strobel H. Zur Ermittlung des Primarum formvermögens aus revahlter hochlegierter Stähle mittels Keifwalzpoben // Neue Hutte, 1978. – № 4. – p. 129-131.
4. Рудаев Я.И. О фазовых переходах в сверхпластичности // Проблемы прочности, 1990. – № 10. – с. 50-54.

Рецензент: к.ф.-м.н., доцент Пазылов Ш.Т.