



УДК 621.7.016.2-412:669.715

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ВАЛЬЦУЕМЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ОВАЛЬНЫХ КАЛИБРАХ****Чайка Дмитро Сергійович**  
Інженер ВАТ «Діасофт»**D. Chaika**  
engineer LTD «Diasoft»

*В статье рассматривается задача вычисления запаса пластичности в области внеконтактных зон при вальцовке сплава АК6 и определение степеней обжатия, при которых становится возможным его разрушение.*

*Для теоретического исследования показателей, характеризующих пластичность применялась конечно – элементная программа для трехмерного моделирования технологии объемной штамповки QForm и прикладная математическая программа MathCad.*

*Построенные графики диаграммы пластичности, путей деформирования при различных коэффициентах вытяжки, показали наиболее «дефектоопасный» интервал деформирования. Проведенные исследования изменения использованного ресурса пластичности и кривизны траектории деформации по ходу деформации позволили вычислить предельно допустимую степень деформации сдвига для исследуемого процесса для критериев Колмогорова и Огородников и оценить наиболее подходящий из них для описания деформируемости металла в области внеконтактных зон при вальцовке.*

*Ключевые слова: пластичность, вальцовка, критерий разрушения, путь деформирования, использованный ресурс пластичности.*

**Ф. 7. Рис. 7. Лит. 14.**

---

**1. Постановка проблемы**

В развитии современного машиностроения актуальным направлением является внедрение малоотходных технологических процессов штамповки поковок из алюминиевых сплавов. Применение новых разработок, особенно в авиационной промышленности, вызвано значительным применением в изделиях отрасли этих сплавов (60 – 70 %), повышенным расходом металла, высокой трудоемкостью, длительным циклом изготовления качественных штампованных поковок (2 – 3) штамповки с промежуточными операциями нагрева, обрезки облоя, травления, зачистки и задачами по совершенствованию металосберегающих технологий [1].

Вальцовка заготовок под штамповку представляет собой процесс, протекающий с неравномерными обжатиями и деформациями при сложной схеме нагружения [2]. Получение в этих условиях заготовок с заданной формой и размерами профиля зависит от правильного выбора силовых и технологических параметров вальцовки и требует точного определения пластичности – способности материала пластически деформироваться при тех или иных значениях термомеханических параметров, без разрушения в виде макроскопического нарушения сплошности.

Наиболее подверженными дефектообразованию областями при вальцовке являются области, находящиеся по краям очага деформации и не контактирующие с инструментом, в которых возможно образование заусенцев в случаях неправильного расчета заполняемости ручья деформируемым металлом.

---

**2. Цель работы**

Целью работы является задача вычисления запаса пластичности сплава АК6 в области внеконтактных зон (ВЗ) и определения возможности его разрушения в определенных степенях обжатия при вальцовке.

---

**3. Методика исследования**

Задача решается посредством определения напряженного и деформированного состояние металла. Результаты исследования пластичности могут быть представлены параметрическими зависимостями, отражающими связь предельной степени деформации сдвига (накопленной частицей материала пластической деформации) ( $\varepsilon_{np}$ ) с показателем напряженного состояния ( $\eta = \sigma/T$ ), интенсивностью скорости деформации сдвига ( $H$ ), температурой ( $\theta$ ) и показателем немонотонности ( $B$ ) [2].



При использовании метода испытания пластичности прокаткой на клин [3], за показатель пластичности принимается величина высотной деформации в сечении с первой трещиной. Так можно изучить пластичность не только в зависимости от температурно-скоростных условий деформирования, но и от схемы напряженного состояния.

Степень деформации сдвига определяется по формуле [4]:

$$\varepsilon_i = 2 \sqrt{\left( \ln \frac{a_1}{a_0} \right)^2 + \ln \frac{a_1}{a_0} \ln \frac{b_1}{a_0} + \left( \ln \frac{b_1}{b_0} \right)^2}, \quad (1)$$

где  $a_1$  и  $b_1$  – длина и ширина ячейки после деформации;  $a_0 = b_0$  – длина и ширина ячейки до деформации (база координатной сетки, рис. 1).

По существующей методике [5], для моделирования процесса прокатки, на боковые поверхности образцов-моделей наносится координатная сетка с одинаковой базой (стороной квадрата). После прокатки производится фиксация изменения координатной сетки и определяются средняя степень деформации и средний показатель напряженного состояния в любом сечении по всей длине прокатанного образца. При этом предполагается, что ячейки сетки деформируются монотонно.

В качестве координатной сетки было взято поле «лагранжевых» линий в программе «QForm» [6], которое использовалось автором для оценки перемещения металла в очаге деформации [7]. Изменение положения вертикальных и горизонтальных линий делительной (лагранжевой) сетки показывает картину течения металла в процессе вальцовки.

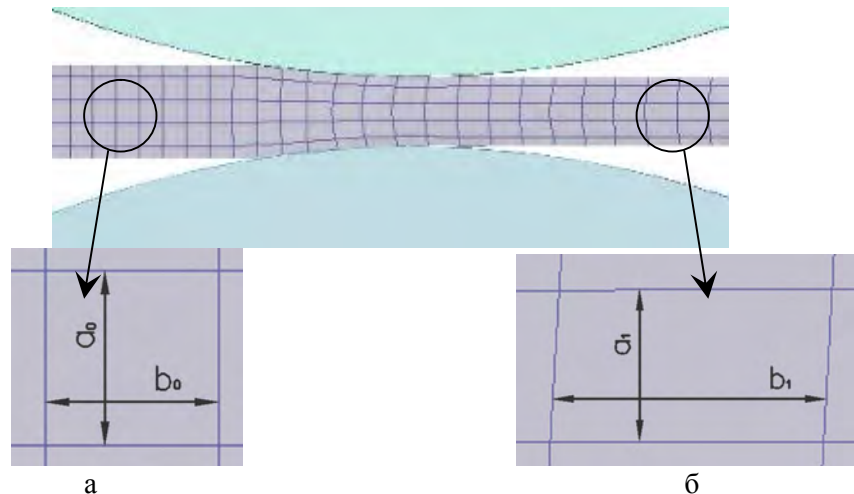


Рис. 1. Длина и ширина ячеек до (а) и после (б) прокатки

Показатели напряженного состояния – это одна или несколько величин, показывающих влияние напряженного состояния на пластичность материала. Они отображает, какие напряжения преобладают в схеме напряженного состояния: если  $\sigma/T < 0$ , то сжимающие, а при  $\sigma/T > 0$  – растягивающие, а также учитывают гидростатическое давление и величину  $\sigma_s$  (рис. 2), определяющую пластическое течение. Показатель напряженного состояния, при котором осуществляется деформация до разрушения, будет (рис. 3) [8]:

$$\eta = \frac{\sigma}{T} = \frac{\varepsilon_{11} + \varepsilon_{33}}{\sqrt{\varepsilon_{11}^2 + \varepsilon_{11}\varepsilon_{33} + \varepsilon_{33}^2}}, \quad (2)$$

где  $T$  – интенсивность касательных напряжений;  $\varepsilon_{11} = \ln(a_1/a_0)$ ,  $\varepsilon_{33} = \ln(b_1/b_0)$  – степень обжатия по ширине и длине ячейки (рис. 1).

Для определения пути деформирования, было произведено задание трассируемых точек в области ВЗ заготовки для ранее исследовавшихся случаев вальцовки цилиндрических заготовок в овальных калибрах [9]. После проведения моделирования процесса, это позволяет узнать изменения параметров температуры, степени, интенсивности и скорости деформации, сопротивления деформации и среднего напряжения и получить численные значения этих величин в виде текстового файла после импорта из «QForm». Через MS Excel столбцы с данными численных значений накопленной деформации ( $\varepsilon_i$ ), сопротивления деформации ( $\sigma_s$ ) и среднего напряжения ( $\sigma$ )



экспортируются в прикладную математическую программу MathCad, где определяется численная характеристика схемы напряженного состояния (показатель напряженного состояния), которая позволяет рассчитать значения параметра на каждом шаге расчета [10]:

$$\eta = \frac{3\sigma}{\sigma_i}, \quad (3)$$

где  $\sigma_i = \sigma_S$  – величина, определяющая пластическое течение.

Функциональная зависимость данных накопленной степени деформации от параметра  $\eta$ , характеризует зависимость между текущей накопленной деформацией  $\varepsilon_i$  и показателем напряженного состояния  $\eta$  в трассируемых точках и определяет их историю деформирования  $\varepsilon_i = \varepsilon_i(\eta)$  (рис. 4). Интерполируя для каждого случая вальцовки эту регрессию в MathCad, можно получить формулу наиболее подходящей для описания пути деформирования полиномиальной зависимости.

Диаграмма пластичности для исследуемого сплава АК6 (рис. 5) и наиболее распространенной температуры деформирования 450-470°C определялась путем совмещения графиков степени деформации сдвига (рис. 3) и показателя напряженного состояния  $\eta$  (рис. 2, б(2)) и построения в MathCad с помощью аппроксимирующего полинома третьей степени.

При оценке деформируемости металла во ВЗ взят подход, разработанный В.Л. Колмогоровым [3]. Условие деформирования без разрушения записывают в виде линейного критерия:

$$\Psi = \int_0^{E_i} \frac{d\varepsilon_i}{\varepsilon_{np}(\eta)} < 1, \quad (4)$$

где  $\Psi$  – запас ресурса пластичности;  $E_i$  – степень деформации в конце процесса;  $\varepsilon_i = \varepsilon_i(\eta)$  – накопленная степень деформации – путь деформирования в опасной зоне очага деформации (ВЗ);  $\varepsilon_{np} = \varepsilon_{np}(\eta)$  – предельно допустимая степень деформации сдвига, описываемая диаграммой пластичности.

В соответствии с теорией разрушения В.А. Огородникова критерий для оценки значений использованного ресурса пластичности имеет нелинейный вид [12, 13]:

$$\Psi = \int_0^{E_i} \left( 1 + a \cdot \arctan \frac{d\eta}{d\varepsilon_i} \right) \frac{\varepsilon_i^{a \cdot \arctan \frac{d\eta}{d\varepsilon_i}} d\varepsilon_i}{\left( \varepsilon_{i-p} \right)^{1 + a \cdot \arctan \frac{d\eta}{d\varepsilon_i}}} < 1, \quad (5)$$

где  $a$  – константа:  $a = 0,2$ ;  $\varepsilon_{i-p} = \varepsilon_{np}(\eta) / \sqrt{3}$  – предельная степень деформации, которую может претерпевать материал при определенном показателе вида жесткости напряженного состояния и определенной величине третьего инварианта тензора напряженного состояния, влиянием которого в случае расчета пренебрегают, так как в QForm отсутствует возможность в автоматическом режиме записывать данные, позволяющие рассчитать коэффициенты, учитывающие его влияние.

#### 4. Основные результаты исследования

Наихудший показатель напряженного состояния  $\sigma/T$  имеет место при малом  $l_D / h_{cp}$ , затем деформируемость металла улучшается и принимает отрицательные значения после  $l_D / h_{cp} \approx 2$  (рис. 2).



Рис. 2. Зависимость показателя напряженного состояния  $\sigma/T$  от коэффициента формы  $l_D / h_{cp}$  при вальцовке заготовок при температуре 420°C (а) и 470°C (б) из сплава: 1 – АМГ; 2 – АК6; 3 – АК8; 4 – АМЦ

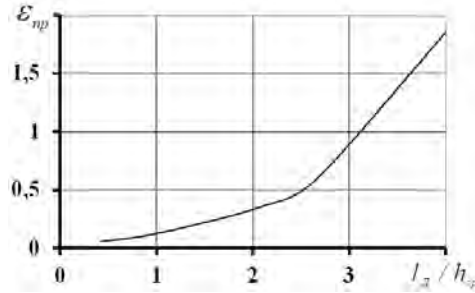


Рис. 3. Зависимость степени деформации сдвига  $\varepsilon_{np}$  от коэффициента формы при вальцовке заготовок из сплава АК6 нагретых до температуры 470°C

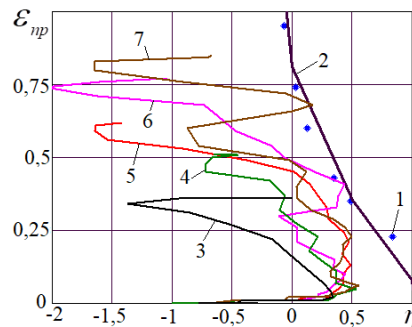


Рис. 4. Диаграмма пластичности (1), аппроксимирующий полином третьей степени диаграммы пластичности (2), пути деформирования для трассирующих точек, находящихся в области ВЗ при коэффициентах вытяжки  $\lambda$  для сплава АК6: 1,25 (3); 1,45 (4); 1,55 (5); 1,65 (6); 1,75 (7).

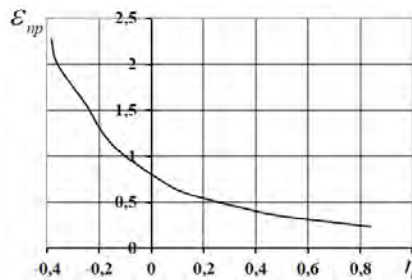


Рис. 5. Диаграмма пластичности сплава АК6 при температуре деформирования 450–470 °C

Переведя интерполяцию регрессионной зависимости графика пути деформирования с помощью MathCad в полином седьмой степени [14] и полагая его в качестве аргумента уравнения диаграммы пластичности, получаем в явном виде зависимости  $\varepsilon_{np} = \varepsilon_{np}(\varepsilon_i)$  для выбранной по коэффициенту вытяжки точки в области ВЗ:

$$\varepsilon_{np}(\eta) = 0,81 - 1,998 \cdot \eta_i(\varepsilon) + 3,084 \cdot \eta_i(\varepsilon)^2 - 1,817 \cdot \eta_i(\varepsilon)^3, \quad (6)$$

где  $i$  – индекс трассируемой точки.

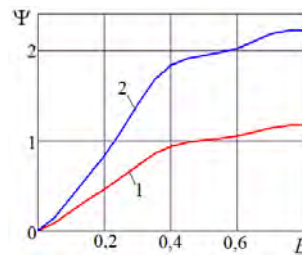
Подставляя зависимость (6) в формулы (4) и (5), получаем формулы для расчета использованного ресурса пластичности для точки, находящейся в заготовке, деформируемой при выбранном для исследования коэффициенте вытяжки. Для формулы (5), этот интеграл является функцией от верхнего предела интегрирования  $E$ , который определяет накопленную деформацию к концу процесса формоизменения:

$$\Psi(E) = \int_0^E \left( 1 + a \cdot \arctan \left( \frac{\eta(\varepsilon)}{\varepsilon} \right) \right) \cdot \frac{\varepsilon^{a \cdot \arctan \left( \frac{\eta(\varepsilon)}{\varepsilon} \right)}}{\left( \frac{\varepsilon_{np}(\eta)}{\sqrt{3}} \right)^{\left( 1 + a \cdot \arctan \left( \frac{\eta(\varepsilon)}{\varepsilon} \right) \right)}} d\varepsilon, \quad (7)$$

На рис. 6 показаны графики зависимости  $\Psi = \Psi(E)$ . Условие  $\Psi = 1$  соответствует стадии деформирования, на которой необходимо прекращать процесс, так как дальнейшее формоизменение



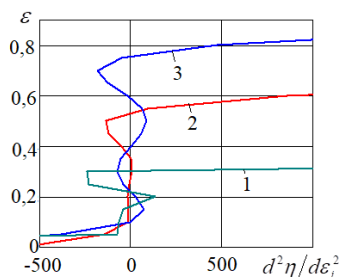
может привести к появлению трещины в исследуемой точке. При вальцовке заготовок  $\varnothing 65$  мм и максимально исследованном коэффициенте вытяжки  $\lambda = 1,75$ , условие  $\psi = 1$  выполняется при  $E \approx 0,5$  по теории Колмогорова (рис. 6) и при  $E \approx 0,25$  по теории Огородникова (рис. 6).



**Рис. 6. Изменение использованного ресурса пластичности по ходу деформации при вальцовке цилиндрических заготовок  $\varnothing 65$**

При накопленной степени деформации  $\varepsilon_{np} = 0,4 - 0,5$ , пути деформирования внеконтактных зон при вальцовке с коэффициентами вытяжки  $\lambda = 1,65 - 1,75$  – максимально близко приближаются к графику диаграммы пластичности (рис. 6). В этом же диапазоне деформаций при расчете по условию деформируемости Колмогорова, должно начаться трещинообразование, чего в действительности не происходит. Причиной этого является то, что этот критерий целесообразно применять при кривизне пути деформирования  $0,25 \leq \frac{d^2\eta}{d\varepsilon_i^2} \leq 2$ .

Изменение кривизны траектории деформации при вальцовке в области ВЗ (рис. 7) показывает, что положительная кривизна появляется только в конце процесса деформирования, после чего наблюдается ее значительный рост. Вальцовка является технологическим процессом обработки металлов давлением, в которых частицы металла подвергаются сложному нагружению, при котором  $\frac{d^2\eta}{d\varepsilon_i^2} > 5$ , при котором наиболее достоверные результаты дает расчет по нелинейному критерию Огородникова (5).



**Рис. 7. Изменение кривизны траектории деформации  $\frac{d^2\eta}{d\varepsilon_i^2}$  по ходу деформации в точках, находящихся в области ВЗ при вальцовке цилиндрических заготовок  $\varnothing 65$  мм из сплава АК6 в овальных калибрах при коэффициенте вытяжки  $\lambda$  : 1,25 (1); 1,55 (2); 1,75 (3)**

Рисунок 6 говорит о существенном влиянии производной от пути деформирования  $\frac{d^2\eta}{d\varepsilon_i^2}$  (рис. 7) на

залечивание дефектов, что и учитывает критерий Огородникова (5) т. е. приближение к диаграмме пластичности не означает начало разрушения как это предсказывает критерий Колмогорова. Что позволяет рекомендовать формулу (5) для оценки деформируемости и использованного ресурса пластичности в условиях горячей вальцовки заготовок из алюминиевых сплавов.

## 5. Выводы

1. Для вычисления запаса пластичности сплава АК6 в области внеконтактных зон и определения возможности его разрушения при вальцовке, проведено компьютерное моделирование процесса вальцовки с применением программы «QForm» для моделирования процессов ОМД методом конечно-элементного анализа. Исследования проводились на цилиндрических образцах из алюминиевого сплава АК6 в овальных калибрах с коэффициентами вытяжки  $\lambda_{об} = 1,25 \div 1,75$ .



2. Показатели, характеризующие пластичность: степень деформации сдвига, показатель напряженного состояния, диаграмма пластичности и использованный ресурс пластичности вычислялись с помощью возможностей прикладной математической программы MathCad.

3. Установлено, что путь деформирования трассируемых точек, находящихся в области внеконтактных зон заготовок приближается к диаграмме пластичности при коэффициентах вытяжки  $\lambda = 1,65 - 1,75$ .

4. Получено значение критической степени деформации для данного процесса, которое составляет  $E \approx 0,5$  по теории Колмогорова и при  $E \approx 0,25$  по теории Огородникова.

5. Большое значение производной от пути деформирования показывает, что при сложном нагружении при вальцовке нелинейный критерий Огородникова учитывает существенное влияние производной от пути деформирования на залечивание дефектов и позволяет наиболее точно описать картину деформируемости исследуемого процесса.

#### Список использованных источников

1. Скрябин С. А. Технология горячего деформирования заготовок из алюминиевых сплавов на ковочных вальцах. – Винница: О. Власюк, 2007. – 284 с.
2. Серeda Б.П. Моделирование напряженно-деформированного состояния на боковой поверхности полосы при прокатке в калибрах / Б.П. Серeda, А.К. Коваленко // Вестник национального технического университета «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ ХПИ, 2009. – № 33. – с. 90–93.
3. Колмогоров В.Л. Напряжения. Деформации. Разрушение / Колмогоров В.Л. – М.: Металлургия, 1970. – 230 с.
4. Румянцев М.И. К вопросу учета ограничения по деформируемости металла при разработке режимов холодной прокатки / М.И. Румянцев // Калибровочное бюро, 2014. – № 4. – С. 33–43.
5. Богатов А.А. Механические свойства и модели разрушения металлов / А.А. Богатов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2002. – 329 с.
6. QForm3D – конечно-элементная программа для расчета процессов пластической деформации металлов и сплавов, ©1991-2017, ООО «Квантор Форм». [www.qform3d.com](http://www.qform3d.com)
7. Скрябин С. А. Влияние внеконтактных зон на уширение при вальцовке цилиндрических заготовок в гладких валках / С. А. Скрябин, В. Л. Калюжный, Д. С. Чайка // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії, – 2008. – № 3Е(14). – С. 47–155.
8. Константинов И.Л. Конспект лекций по дисциплине «Теория процессов прокатки, прессования, волочения» / И.Л. Константинов, Н.Н. Загиров, Е.В. Иванов. – Красноярск, 2008. – 11 с.
9. Скрябин С.А. Влияние внеконтактных зон на уширение при вальцовке цилиндрических заготовок из алюминиевых сплавов в овальных калибрах / С.А. Скрябин, Д.С. Чайка // Научный вестник ДГМА, 2014. – № 2 (14Е). – С. 103 – 115.
10. Харсеев В.Е. Оценка степени использования запаса пластичности трубной заготовки в процессах гибки проталкиванием на трубогибочном стане // Известия ТулГУ. Технические науки, 2014. – № 10, ч. 2. – С. 150 – 156.
11. Колмогоров В.Л. Напряжения. Деформации. Разрушение / Колмогоров В.Л. – М.: Металлургия, 1970. – 230 с.
12. Огородников В.А. История деформирования, определяющая применение феноменологических критериев разрушения в процессах обработки давлением / Огородников В.А., Грушко А.В., Гуцалюк А.В. // Вісник машинобудування та транспорту, – 2015. – № 1. – С. 67–77.
13. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В.А. Огородников. // Головное изд-во "Вища школа". -1983. –175 с.
14. Субич В.Н. Расчет и проектирование технологических процессов объемной штамповки на прессах: Учебное пособие / под ред. В.Н. Субич, Н.А. Шестаков, В.А. Демин, Н.В. Биба, С.А. Стебунов, Л.Г. Лобастов – М.: МГИУ, 2003. – 180 с.

#### References

- [1] Skryabin S. A. Tekhnologiya goryachego deformirovaniya zagotovok iz alyuminiyevykh splavov na kovochnykh val'tsakh. – Vinnitsa: O. Vlasjuk, 2007. – 284 p.
- [2] Sereda B.P. Modelirovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya na bokovoy poverkhnosti polosity pri prokatke v kalibrakh / B.P. Sereda, A.K. Kovalenko // Vestnik natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta «KHPI». Sbornik nauchnykh trudov. Tematicheskii vypusk: Novyye resheniya v sovremennykh tekhnologiyakh. – Kharkov: NTU KHPI, 2009. – № 33. - p. 90–93.



- [3] Kolmogorov V.L. Napryazheniya. Deformatsii. Razrusheniye / Kolmogorov V.L. – М.: Metallurgiya, 1970. – 230 p.
- [4] Rumyantsev M.I. K voprosu ucheta ogranicheniya po deformiruyemosti metalla pri razrabotke rezhimov kholodnoy prokatki / M.I. Rumyantsev. // Kalibrovochnoye byuro, 2014. – № 4. – p. 33–43.
- [5] Bogatov A.A. Mekhanicheskiye svoystva i modeli razrusheniya metallov / A.A. Bogatov. – Yekaterinburg: GOU VPO UGTU-UPI, 2002. – 329 p.
- [6] QForm3D – konechno-elementnaya programma dlya rascheta protsessov plasticheskoy deformatsii metallov i splavov, ©1991-2017, ООО «QuantorForm». [www.qform3d.com](http://www.qform3d.com)
- [7] Skryabin S. A. Vliyaniye vnekontaktnykh zon na ushireniye pri valtsovke tsilindricheskikh zagotovok v gladkikh valkakh / S. A. Skryabin, V. L. Kalyuzhnyy, D. S. Chaika // Visnik Donbaskoї derzhavnoї mashinobudivnoї akademii – 2008. – № 3E(14). – p. 47–155.
- [8] Konstantinov I.L. Konspekt lektsiy po distsipline «Teoriya protsessov prokatki, pressovaniya, volocheniya» / I.L. Konstantinov, N.N. Zagirov, Ye.V. Ivanov. – Krasnoyarsk, 2008. – 11 s.
- [9] Skryabin S.A. Vliyaniye vnekontaktnykh zon na ushireniye pri valtsovke tsilindricheskikh zagotovok iz alyuminiyevykh splavov v ovalnykh kalibrakh / S.A. Skryabin, D.S. Chaika // Nauchnyy vestnik DGMA, 2014. – № 2 (14E). – p. 103 – 115.
- [10] Kharseyev V.Ye. Otsenka stepeni ispolzovaniya zapasa plastichnosti trubnoy zagotovki v protsessakh gibki protalkivaniyem na trubogibochnom stane // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskiye nauki, 2014. – № 10, p. 2. – p. 150 – 156.
- [11] Kolmogorov V.L. Napryazheniya. Deformatsii. Razrusheniye / Kolmogorov V.L. – М.: Metallurgiya, 1970. – 230 p.
- [12] Ogorodnikov V.A. Istoriya deformirovaniya, opredelyayushchaya primeneniye fenomenologicheskikh kriteriyev razrusheniya v protsessakh obrabotki davleniyem / Ogorodnikov V.A., Grushko A.V., Gutsalyuk A.V. // Visnik mashinobuduvannya ta transportu, – 2015. – № 1. – p. 67–77.
- [13] Ogorodnikov V.A. Otsenka deformiruyemosti metallov pri obrabotke davleniyem / V.A. Ogorodnikov. // Golovnoye izd-vo " Vishcha shkola". – 1983. – 175 p..
- [14] Subich V.N. Raschet i proyektirovaniye tekhnologicheskikh protsessov ob"yemnoy shtampovki na pressakh: Uchebnoye posobiye / pod red. V.N. Subich, N.A. Shestakov, V.A. Demin, N.V. Biba, S.A. Stebunov, L.G. Lobastov – М.: MGIU, 2003. – 180 p.

#### **ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПЛАСТИЧНОСТІ ЗАГОТОВОК, ЩО ВАЛЬЦЮЮТЬСЯ З АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ В ОВАЛЬНИХ КАЛІБРАХ**

*В статті розглядається задача обчислення запасу пластичності в області позаконтактних зон при вальцюванні сплаву АК6 та визначення ступенів обтиснення, при яких стає можливим його руйнування. Для теоретичного дослідження показників, що характеризують пластичність застосовується кінцево елементна програма для тривимірного моделювання технології об'ємного штампування QForm та прикладна математична програма MathCad.*

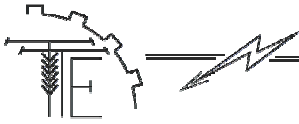
*Побудовані графіки діаграм пластичності, шляхів деформування при різних коефіцієнтах обтиснення, показали найбільш «дефектонебезпечний» інтервал деформування. Проведені дослідження зміни використовуваного ресурсу пластичності та кривизни траєкторії деформування по ходу деформування дозволили обчислити гранично допустиму ступінь деформування зсуву для досліджуваного процесу за критеріями Колмогорова та Огороднікова та оцінити з них найбільш відповідний для опису деформування металу в області позаконтактних зон при вальцюванні.*

*Ключові слова: пластичність, вальцювання, критерій руйнування, шлях деформування, використаний ресурс пластичності.*

*Ф. 7. Рис. 7. Літ. 14.*

#### **DETERMINATION OF THE PLASTICITY INDEX OF BILLETS ROLLING FROM ALUMINUM ALLOYS IN OVAL CALIBERS**

*The paper considers the problem of calculation of the plasticity margin in the region of noncontact zones when rolling AK6 alloy and determining the compression ratios at which its destruction becomes possible.*



*For the theoretical study of the indicators characterizing plasticity, a finite element program for 3D modeling of the bulk forging technology QForm and the engineering mathematical program MathCad was used.*

*The constructed graphs of the plasticity diagrams, the deformation paths at different drawing ratios, showed the most "defect-dangerous" deformation interval. The carried out studies of the change in the used plasticity resource and the curvature of the deformation trajectory along the deformation course made it possible to calculate the maximum permissible degree of shear deformation for the investigated process for Kolmogorov and Ogorodnikov criteria and to estimate the most suitable one for describing the deformability of the metal in the region of noncontact zones during rolling.*

*Keywords: plasticity, rolling, criterion of destruction, way of deformation, used plasticity resource.*

**F. 7. Fig. 7. Ref. 14.**

#### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Чайка Дмитро Сергійович** – інженер ВАТ «Діасофт» (вул. Полкова, буд. 3, кв. 14. м. Москва, 127018, e-mail: chaikads82@gmail.com).

**Чайка Дмитрий Сергеевич** - инженер ОАО «Діасофт» (ул. Полковая, д. 3, кв. 14, г. Москва, 127018, e-mail: chaikads82@gmail.com).

**Chaika Dmitry** – Engineer of OJSC "Diasoft" (Polkovaya str., 3, room 14. Moscow, 127018, e-mail: chaikads82@gmail.com).