

УДК 621.77.01

Добров И. В.
Семичев А. В.
Рубан В. Н.
Коптилый А. В.

РАЗРАБОТКА НОВОГО ВИЗИОПЛАСТИЧНОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОМД НА ПРИМЕРЕ ОСАДКИ СИММЕТРИЧНОЙ ЗАГОТОВКИ

Среди методов оптического определения кинематических параметров процесса пластической деформации, которые наглядны и дают достаточно достоверные данные о процессах деформации заготовки различными способами ОМД можно отнести метод координатных сеток (визиопластический метод) [1–3], метод стержней [4] и метод координатных точек [5], каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки [6].

К недостаткам метода координатных сеток [1–3] можно отнести:

- высокая трудоемкость, связанная с нанесением координатной сетки;
- условия деформации половины образца с «гладкой» поверхностью и образца, поверхность которого «повреждена» при нанесении координатной сетки, разные изначально вследствие нарушения сплошности волокон материала деформируемого образца с координатной сеткой.

Метод стержней [4] имеет свои недостатки:

- повышенные требованиями к точности установки вертикальных стержней по оси симметрии заготовки и точности порезки (разделения) заготовки на симметричные половины, каждая из которых должна являться плоскостью симметрии деформированных цветных стержней;
- трудоемкость обработки экспериментальных материалов.

Недостатками метода координатных точек [5] являются:

- использование метода только для исследования контактных перемещений слоев материала на торцевых поверхностях заготовки;
- трудоемкость обработки экспериментальных материалов.

К общим недостатком методов [1–5] можно отнести [6] то, что для изменения величины осадки необходимо изготавливать новый образец, при этом увеличивается вероятность того, что при повторной осадке образца на заданный размер будут соблюдаться одни и те же условия внешнего трения, что обуславливает проведения значительного числа дублирующих экспериментов.

Целью работы – разработка нового универсального метода визиопластичности для снижения трудоемкости и повышения точности определения кинематических параметров процесса осадки симметричной заготовки.

Общая характеристика нового метода визиопластичности и устройства для его реализации [7].

Сущность разработанного нового метода визиопластичности (рис. 1, *a*) состоит в том, что заготовка 1 из пластичного материала (пластилина), содержащая на боковой поверхности вставки (полосы) 2 из пластилина другого цвета, устанавливается в сборную матрицу, содержащую боковую поверхность и основания из стали 3, которая с помощью стяжных болтов 4 соединяется с прозрачной боковой стенкой 5 матрицы, к которой прилегает боковая поверхность заготовки с цветными вставками. Деформация заготовки осуществляется пуансоном 6, торцевая поверхность которого может иметь различную конфигурацию. Изменение положения и формы цветных полос 2 в процессе осадки заготовки 1 со скоростью v_p фиксируется цифровой кинокамерой 7 через прозрачную боковую стенку матрицы 5. Для анализа кинематики процесса осадки симметричной заготовки на лабораторном оборудовании (например, на винтовом прессе (рис. 1, *b*)) в условиях плоской деформации при условии

$B/H_0 < 0,2$ ($B = const$ – ширина заготовки, H_0 – высота исходной заготовки)) производится как при воспроизводстве на мониторе компьютера процесса осадки в реальном, замедленном или ускоренном времени деформации, так и путем обработки на компьютере наиболее характерных фотографий фрагментов процесса осадки.

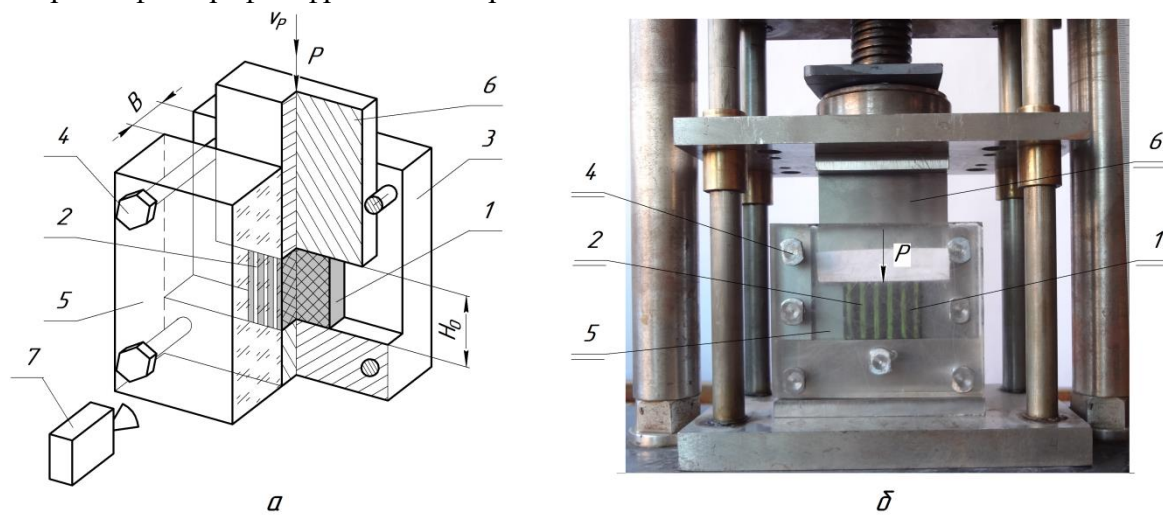


Рис. 1. Устройство для универсального визиопластического метода исследования процесса осадки:

а – принципиальная схема устройства; б – рабочее положение устройства на винтовом лабораторном прессе (цифровое обозначение соответствует обозначению на схеме (а))

Экспериментальные исследования процессов осадки симметричной заготовки новым методом визиопластичности.

Экспериментальные исследования кинематики процесса осадки на винтовом прессе (рис. 1, б) проводили с целью определения характерных особенностей процесса деформации заготовки пуансоном с различным профилем контактной поверхности. На рис. 2 – рис. 5 приведены фотографии начала процесса деформации заготовок и окончания процесса деформации для следующих условий деформации:

- осадка заготовки плоским пуансоном (рис. 2). Рис. 2, а – исходная заготовка перед осадкой $B \times H_0 \times L_0 = 10 \times 43 \times 31$ мм, рис. 2, б – заготовка после окончания осадки $B \times H_1 \times L_{1,max} = 10 \times 20 \times 69$; ($L_{1,max}$ – максимальная длина заготовки после осадки на высоте $h_{L_{1,max}} = 11,8$ мм от основания заготовки);

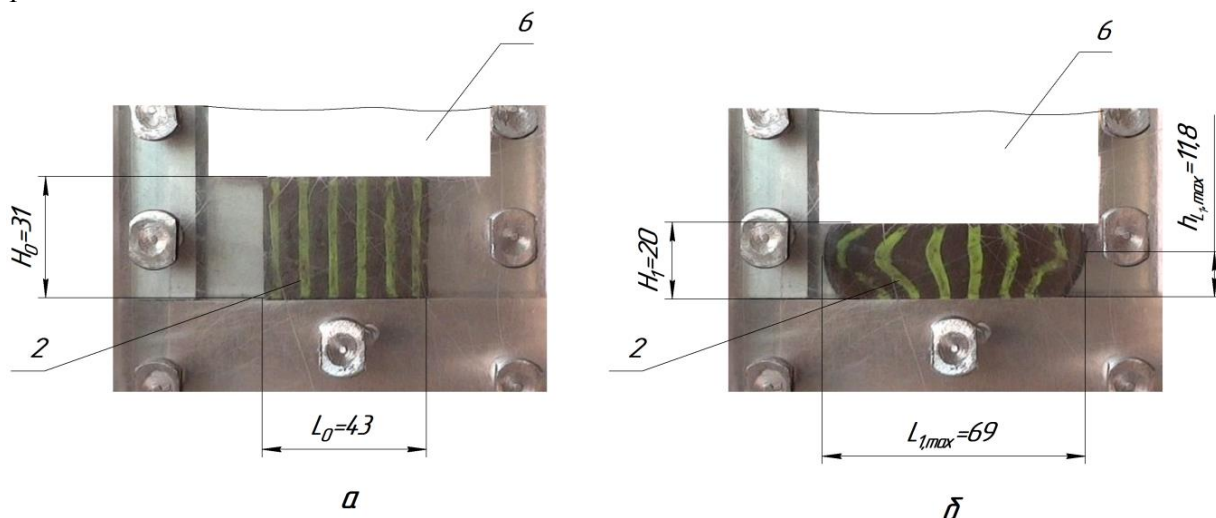


Рис. 2. Фотографии процесса осадки заготовки 2 плоским пуансоном б:
а – начало осадки; б – окончание процесса осадки

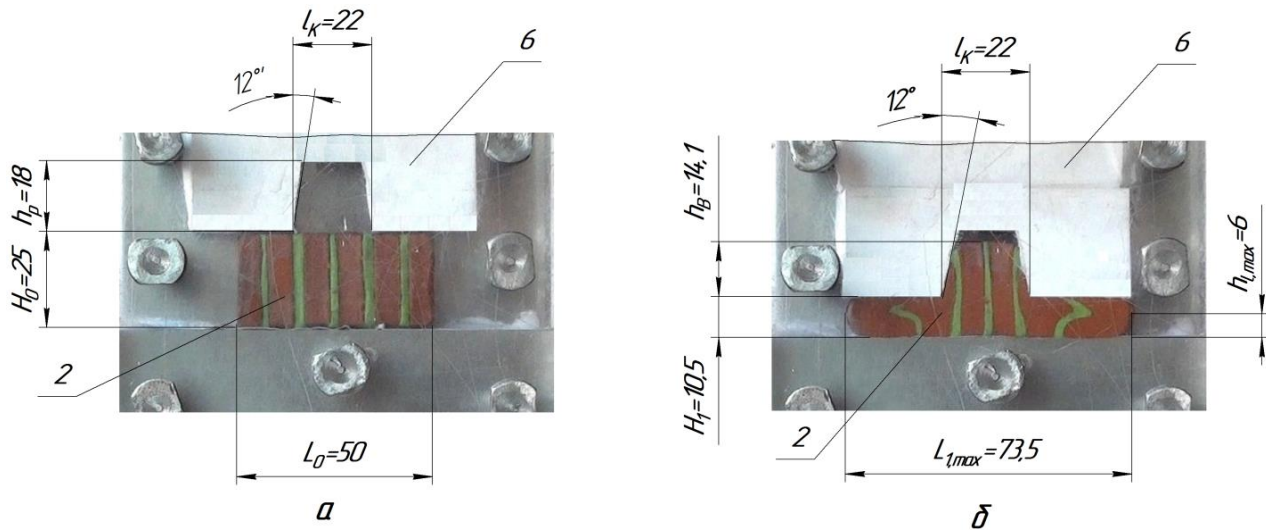


Рис. 3. Фотографии процесса осадки заготовки 2 профилированным пуансоном 6: а – начало осадки; б – окончание процесса осадки

- осадка заготовки (рис. 3), когда на торцевой поверхности пуансона 6 выполнен ручей, поперечное сечение которого представляет клиновидный паз с углом наклона 12° , глубиной $h_p = 18$ мм и длиной основания $l_K = 22$ мм. Рис. 3, а – исходная заготовка 2 перед осадкой $B \times H_0 \times L_0 = 10 \times 24,5 \times 50$ мм, рис. 3, б – заготовка 2 с выступом высотой $h_B = 14$ мм на торцевой поверхности после окончания осадки до размеров $B \times H_1 \times L_{1,max} = 10 \times 10,5 \times 73,5$ мм при $h_{L_1,max} = 6$ мм;

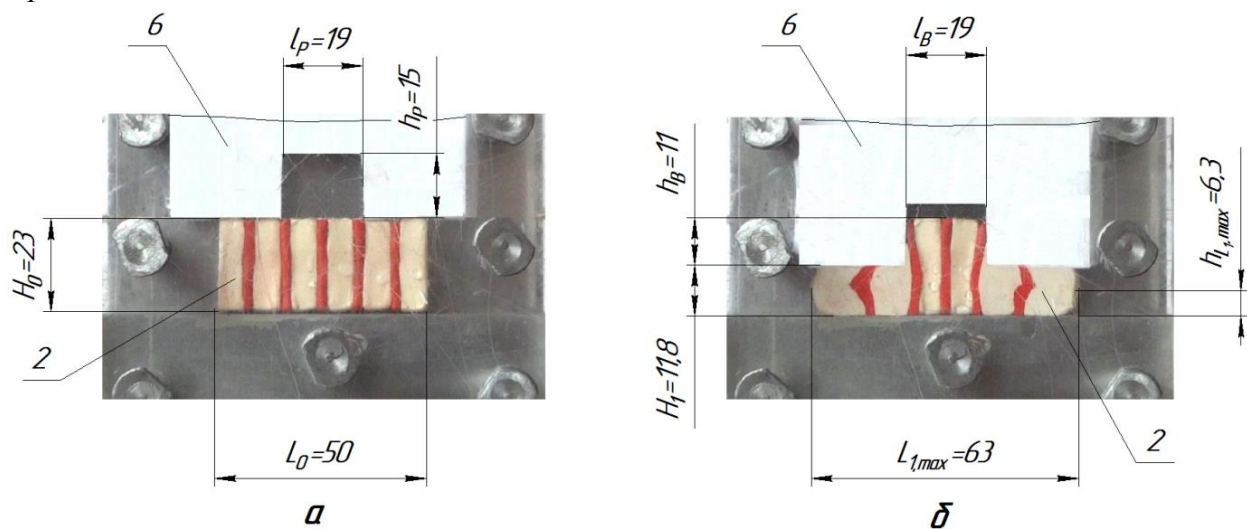


Рис. 4. Фотографии процесса осадки при профилировании прямоугольного выступа на заготовке:

а – начало осадки; б – окончание процесса осадки

- осадка заготовки (рис. 4), когда на торцевой поверхности пуансона 6 выполнен ручей, поперечное сечение которого представляет прямоугольный паз глубиной $h_p = 15$ мм и длиной $l_p = 19$ мм. Рис. 4, а – исходная заготовка 2 перед осадкой $B \times H_0 \times L_0 = 10 \times 23 \times 50$ мм, рис. 4, б – заготовка с выступом высотой $h_B = 11$ мм на торцевой поверхности после окончания осадки до размеров $B \times H_1 \times L_{1,max} = 10 \times 11,8 \times 63$ мм при $h_{L_1,max} = 6,3$ мм;

- осадка заготовки (рис. 5), когда на торцевой поверхности пуансона 6 выполнен ручей, поперечное сечение которого представляет паз в виде обратного клина с углом наклона 12° , глубиной $h_p = 18$ мм и длиной основания $l_{OK} = 22$ мм. При этом каждая из двух половин контактной поверхности пуансона выполнена под углом 12° к прямой перпендикулярной движению пуансона в процессе осадки. Рис. 5, а – исходная заготовка 2 ($B \times H_0 \times L_0 = 10 \times 25 \times 31,5$ мм) перед осадкой пуансоном 6 в виде двустороннего реза, рис. 4, б – заготовка 2 после окончания осадки (резания) до размеров $B \times H_1 \times L_1 = 10 \times 11,8 \times 31,5$ мм с выступом высотой на торцевой поверхности $h_{OK} = 13,2$ мм (длиной обработанной поверхности) при общей высоте заготовки после деформации $H_\Sigma = H_1 + h_{OK} = 11,8 + 13,2 = 25$ мм.

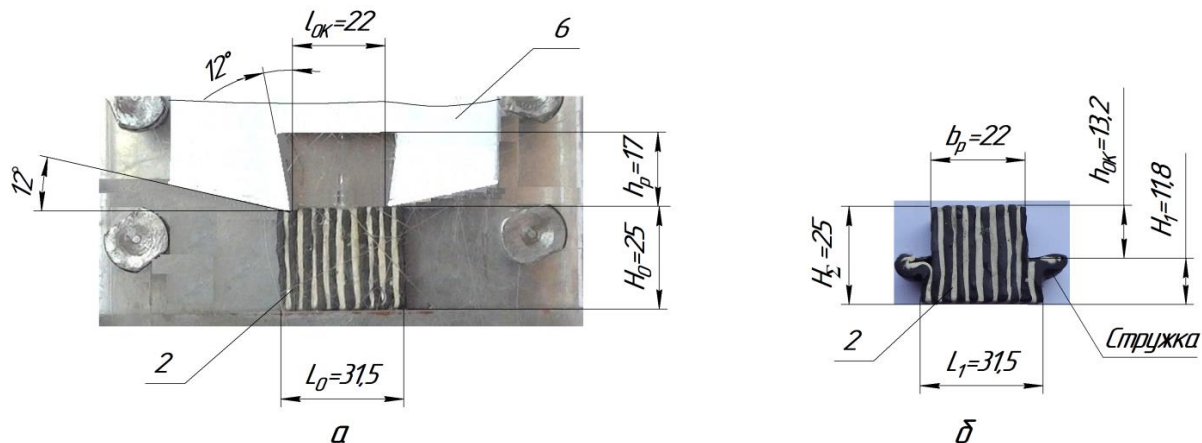


Рис. 4. Фотографии процесса осадки (резания) заготовки 2 профильным пуансоном 6 (резцом):

а – начало осадки (резания); б – заготовка после осадки (резания)

Для заданных исходных размеров заготовки, величины обжатия, профиля торцевой поверхности, представленных на рис. 2 – 4, при одинаковых условиях трения на контактных поверхностях заготовки и инструмента имеет место образование бочки на боковой поверхности заготовки. При этом максимальная длина боковой поверхности заготовки ($L_{1,max}$) в равных условиях контактного трения на торцах заготовки всегда смещена относительно середины высоты деформированной заготовки ($h_{L_{1,max}} > 0,5H_1$) в сторону контактной подвижной торцевой поверхности заготовки.

При осадке заготовки с прямоугольным выступом на торце заготовки бочкообразность деформированной заготовки (рис. 4, б) уменьшается по сравнению с бочкообразностью деформированной заготовки, когда на поверхность пуансона выполнена в виде клина (рис. 3, б).

При осадке «без трения» на боковой поверхности выступа заготовки, когда длина выступа l_{OK} приближается к длине L_0 исходной заготовки (рис. 5, б) процесс осадки переходит в процесс резания при строгании пластической заготовки. В этом случае отсутствуют процесс бочкообразования ($L_{1,max} = L_0$) и изменение высоты исходной заготовки ($h_\Sigma = H_0$), и слой пластически деформируемого материала заготовки переходит в стружку [8], которая отделяется от основного слоя материала обработанной заготовки и скользит на некотором участке по контактной поверхности инструмента.

ВЫВОДЫ

Разработанный новый метод визиопластичности процесса осадки позволяет расширить физические представления о кинематике процесса пластической деформации заготовки в зависимости от различных способов формирования профиля готового изделия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. Т.2 / С.И. Губкин. – М.: Металлургиздат, 1961. – 416 с.
2. Лисицын А.И. Моделирование обработки металлов давлением (оптические методы) / А.И. Лисицын, В.Я. Остренко. – К.: «Техника», 1976. – 208 с.
3. Марков О.Е. Ресурсосберегающие технологические процессыковки крупных поковок из слитков: монография / О.Е. Марков, И.С. Алиев. – Краматорск: ДГМА, 2012. – 324 с.
4. Кузьмина О.М. Применение метода стержней к анализу напряженно-деформированного состояния при осадке / О.М. Кузьмина // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: темат. зб. наук. пр. ДДМА. – Краматорськ : ДДМА, 2004. – С. 381–383.
5. Добров И. В. Экспериментальне визначення ковзання циліндричної заготовки при осадці плоским пуансоном / И.В. Добров // Теория и практика металлургии. – 2015. – №1–2(102–103). – С. 67–70.
6. Добров И. В. Обзор оптических методов определения кинематических параметров пластической деформации симметричной заготовки при осадке / И.В. Добров, А.В. Семичев, Гетьман И.И. // Теоретические и практические проблемы в обработке материалов давлением и качества специального образования: труды международной науч.-техн. конф., 14-18 декабря 2015 г.– К., 2015. – С. 59–61.
7. Пат. 108897 Украина, МПК G01B11/16. Способ определения кинематики процесса пластической деформации / И.В. Добров, А.В. Семичев, И.И. Гетьман (Украина). – №201511782; заявл. 30.11.2015; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15 – 2 с.
8. Грановский Г.И. Резание металлов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.

REFERENCES

1. Gubkyn S.Y. *Plastycheskaja deformacija metallov*. T.2 / S.Y. Gubkyn. – M.: Metallurgydat, 1961. – 416 s.
2. Lysycyn A.Y. *Modelyrovanye obrabotky metallov davlenyem (optycheskye metody)* / A.Y. Lysycyn, V.Ja. Ostrenko. – K.: «Tehnyka», 1976. – 208 s.
3. Markov O.E. *Resursosberegajushhye tehnologycheskye processi kovky krupnih pokovok yz slytkov: monografija* / O.E. Markov, Y.S. Alyev. – Kramatorsk: DGMA, 2012. – 324 s.
4. Kuz'myna O.M. *Prymenenye metoda sterzhnej k analyzu napryzhenno-deformyrovannogo sostojanyja pry osadke* / O.M. Kuz'myna // *Udoskonalennja procesiv i obladnannja obrobky tyskom v metalurgii' i mashynobuduvanni: temat. zb. nauk. pr. DDMA*. – Kramators'k : DDMA, 2004. – S. 381–383.
5. Dobrov Y. V. *Eksperymental'ne vyznachennja kovzannja cylindrychnoi' zagotovky pry osadci ploskym puansonom* / Y.V. Dobrov // *Teoryja y praktyka metallurgyy*. – 2015. – №1–2(102–103). – S. 67–70.
6. Dobrov Y. V. *Obzor optycheskyh metodov opredelenyja kynematycheskyh parametrov plastycheskoj deformacyy symmetrychnoj zagotovky pry osadke* / Y.V. Dobrov, A.V. Semychev, Get'man Y.Y. // *Teoretycheskye y praktycheskye problemi v obrabotke materyalov davlenyem y kachestva specyjal'nogo obrazovanyja: trudi mezhdunarodnoj nauch.-tehn. konf., 14-18 dekabrja 2015 g.– K., 2015*. – S. 59–61.
7. Pat. 108897 Ukrayna, MPK G01B11/16. *Sposob opredelenyja kynematyky processa plastycheskoj deformacyy* / Y.V. Dobrov, A.V. Semychev, Y.Y. Get'man (Ukrayna). – №201511782; zajavl. 30.11.2015; opubl. 10.08.2016, Bjul. № 15 – 2 s.
8. Granovskyy G.Y. *Rezanye metallov* / G.Y. Granovskyy, V.G. Granovskyy. – M.: Vissh. shk., 1985. – 304 s.

Добров И. В. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. ПМ НМетАУ
Семичев А. В. – канд. техн. наук, доц. каф. ПМ НМетАУ
Рубан В. Н. – ст. преп. каф. ПМ НМетАУ
Коптиль А. В. – ассист. каф. ПМ НМетАУ

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр.

E-mail: igordobrov@yahoo.com

Статья поступила в редакцию 10.03.2017 г.