

УДК 621.73

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИЯ НА ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ПЛОСКОЙ ЗАГОТОВКИ

Тицук Л.И., преподаватель
Соломонов К.Н., д.т.н., профессор кафедры теоретической
и прикладной механики (konssol@list.ru)

Воронежский филиал Ростовского государственного университета путей сообщения
(394026, Россия, Воронеж, ул. Урицкого, 75а)

Аннотация. Представлены исследования влияния трения на формоизменение плоской заготовки. Показано, что формоизменение плоской заготовки определяется кинематической схемой течения металла. Предложена промежуточная кинематическая схема течения металла. Доказано, что по мере увеличения коэффициента трения «радиальная» кинематическая схема течения металла плавно переходит к «нормальной». Оценка влияния трения произведена с помощью компьютерного и физического моделирования. Для компьютерного моделирования использовался программный комплекс DEFORM. Для физического моделирования формоизменения плоской заготовки в качестве материала был выбран пластилин. При сравнении результатов виртуального и лабораторного экспериментов наблюдается практически полное их совпадение.

Ключевые слова: формоизменение, плоская заготовка, трение, кинематическая схема течения металла, компьютерное и физическое моделирование.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-3-251-253

В некоторых процессах ОМД (ковка, объемная штамповка, листовая прокатка) формообразование металла определяется, главным образом, пластическим течением металла по контактной поверхности инструмента и заготовки и подчиняется деформационной схеме «осадка». Изучение процессов пластического деформирования [1 – 3], наблюдаемого в металле при осадке, породило различные теории и принципы формоизменения металла, и, как следствие, кинематические схемы течения металла (КСТМ), которые, главным образом, и определяют формоизменение плоских заготовок в процессах ОМД.

Работы по изучению КСТМ велись еще в XIX – XX вв. В начале XX в. немецким ученым К. Зоббе [4] были проведены эксперименты по осадке металлических заготовок различных форм и сформулирован принцип наименьшего сопротивления. В дальнейшем, в 50 – 60 гг. XX в., советскими учеными И.Я. Тарновским [5], А.Ф. Головиным и другими были уточнены и дополнены эти разработки, а также получены предельные схемы течения металла, в частности, радиальная схема И.Я. Тарновского, справедливая для коэффициентов трения, близких к нулю, и нормальная схема А.Ф. Головина, основанная на принципе кратчайшей нормали, применимая для коэффициентов трения, близких к единице [6]. Несовершенство нормальной схемы очевидно, так как в соответствии с ней прямоугольный в плане образец в процессе деформации должен превращаться в многоугольник, что противоречит экспериментальным данным.

На практике коэффициент трения в процессах ОМД изменяется в пределах от 0,2 до 0,6. В реальных условиях обеспечение начальных условий, близких к пре-

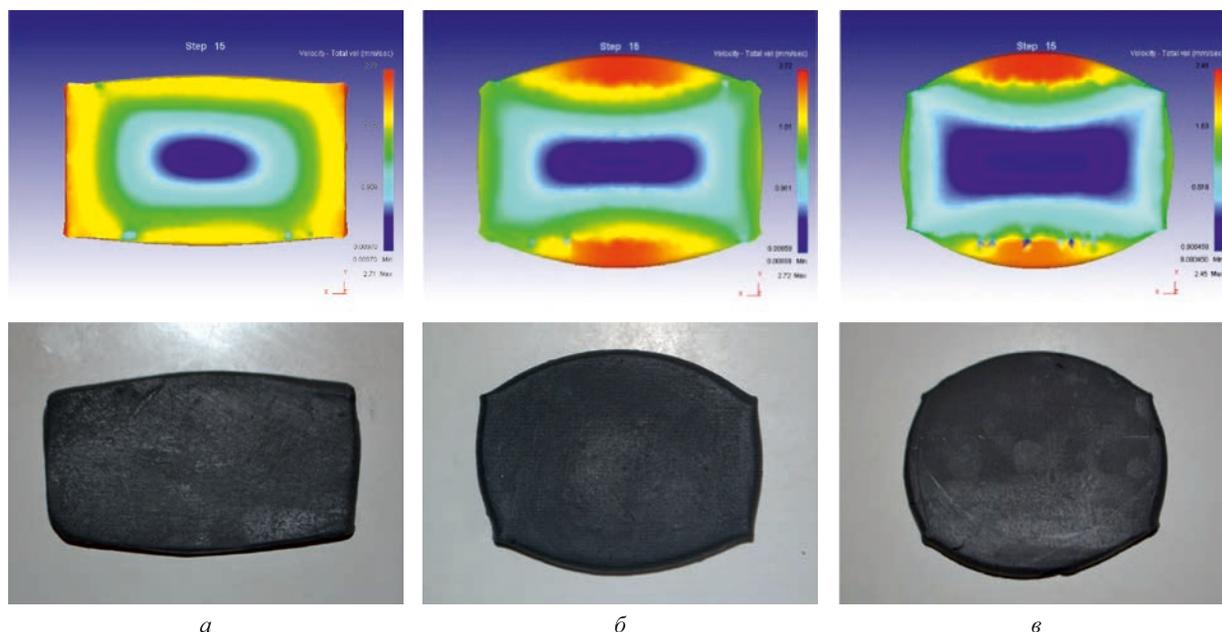
дельным, весьма затруднительно, а точнее сказать невозможно. Поэтому логично предположить, что формоизменение плоских заготовок подчиняется некоторой промежуточной КСТМ. Попытки объединить нормальную и радиальную схемы предпринимались еще в конце прошлого века группой исследователей под руководством И.В. Костарева, а затем его учеников [7 – 8].

На основании полученных экспериментальных и теоретических разработок можно сделать вывод, что на КСТМ решающее влияние оказывает трение [9].

С целью проверки и уточнения влияния условий трения на КСТМ был проведен ряд виртуальных и лабораторных экспериментов по осадке прямоугольных в плане образцов.

Для удобства сравнения результатов компьютерного и физического моделирования использовались образцы с одинаковыми геометрическими размерами, сопоставление проводилось при одинаковой степени деформации 70 %. Условия трения обеспечивались максимально схожими.

Для виртуального эксперимента применялся программный комплекс DEFORM. Исследование проводилось по свободной осадке образцов алюминия Aluminium 3003 (соответствует сплаву АМц) при температуре заготовки 420 °С, температуре штампов 400 °С, температуре окружающей среды 20 °С, с учетом теплообмена со средой и инструментом. В качестве заготовки была выбрана пластина с геометрическими размерами 20×40×20 мм. Эксперимент осуществлялся при коэффициентах трения 0,1; 0,5 и 0,9.



Результаты виртуального и лабораторного экспериментов

The results of virtual and laboratory experiments

Для физического моделирования формоизменения плоской заготовки в качестве материала был выбран пластилин. Выбор пластилина для данных опытов обусловлен тем, что, согласно утверждениям С.И. Губкина [10], для моделирования процессов обработки металлов и получения представлений о картине формоизменения возможно использование высокопластичных глин или различных пластичных масс. Тем более, что экспериментальная атрибутика для опытов с этим материалом весьма удобна и недорога. Осадка пластилиновых образцов проводилась между двумя гладкими плоскопараллельными металлическими плитами.

При сравнении результатов виртуального и лабораторного экспериментов наблюдается практически полное их совпадение (см. рисунок). На рисунке в верхнем ряду представлены результаты компьютерного моделирования, в нижнем – физического при следующих коэффициентах трения: близком к нулю (*a*); приблизительно 0,5 (*б*); близком к единице (*в*).

Аналогичные результаты были получены И.Я. Тарновским в экспериментах по осаживанию свинцовых параллелепипедов при различных условиях внешнего трения [5].

На основании анализа результатов экспериментов можно сделать следующие выводы:

- трение оказывает существенное влияние на КСТМ, а, следовательно, и формоизменение плоской заготовки;
- реальной можно считать промежуточную «псевдонормальную» КСТМ, которая характеризуется тем, что

линии тока направлены перпендикулярно условному контуру;

- по мере увеличения коэффициента трения КСТМ плавно переходит от «радиальной» схемы Тарновского к «нормальной» схеме Головина.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gorbatyuk S.M., Gerasimova A.A., Belkina N.N. Applying thermal coatings to narrow walls of the continuous-casting molds // Materials Science Forum. 2016. Vol. 870. P. 564 – 567.
2. Gorbatyuk S.M., Morozova I.G., Naumova M.G. Color mark formation on a metal surface by a highly concentrated energy source // Metallurgist. 2016. No. 60. P. 646 – 650.
3. Мазур И.П., Борисов С.С., Кавалек А. Исследование упрочнения труднодеформируемой стали типа HSLA при холодной прокатке // Производство проката. 2012. № 7. С. 8 – 13.
4. Sobbe C. Beiträge zur Technologie des Schmiedepressens // Werkstattstechnik. 1908. No. 9. S. 457 – 471.
5. Тарновский И.Я., Поздеев А.А., Ганаго О.А. Деформации и усилия при обработке металлов давлением. – М.: Машгиз, 1959. – 304 с.
6. Головин А.Ф. Прокатка: В 2-х т. – М.: Metallurgizdat, 1933.
7. Соломонов К.Н., Костарев И.В., Абашкин В.П. Моделирование процессов объемной штамповки иковки плоских заготовок. – М.: Издательский дом МИСиС, 2008. – 128 с.
8. Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings // Procedia Engineering. 2014. No. 81. P. 437 – 443.
9. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1971. – 424 с.
10. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов: В 3-х т. – М.: Metallurgizdat, 1960.

Поступила 26 января 2018 г.

INFLUENCE OF FRICTION ON SHAPING OF A FLAT BLANK

L.I. Tishchuk, K.N. Solomonov

Voronezh branch of the Rostov State Transport University, Voronezh, Russia

Abstract. Investigations of the friction influence on the shaping of a flat blank are presented. It is shown that the shaping of a flat blank is determined by kinematic scheme of the metal flow. An intermediate kinematic scheme of the metal flow is proposed. It is proved that as the coefficient of friction increases, the «radial» kinematic scheme of the metal flow smoothly changes to «normal». Evaluation of the friction influence was carried out using computer and physical simulation. For computer simulation the DEFORM program complex was used. Plasticine was chosen as the material for the physical simulation of flat blank shaping. When comparing the results of virtual and laboratory experiments, there is almost complete coincidence.

Keywords: shaping, flat blank, friction, kinematic scheme of metal flow, computer and physical simulation.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-3-251-253

REFERENCES

- Gorbatyuk S.M., Gerasimova A.A., Belkina N.N. Applying thermal coatings to narrow walls of the continuous-casting molds. *Materials Science Forum*. 2016, vol. 870, pp. 564–567.
- Gorbatyuk S.M., Morozova I.G., Naumova M.G. Color mark formation on a metal surface by a highly concentrated energy source. *Metallurgist*. 2016, no. 60, pp. 646–650.
- Mazur I.P., Borisov S.S., Kavalek A. Investigation of hardening of hard-to-deformable steel of HSLA type during cold rolling. *Proizvodstvo prokata*. 2012, no. 7, pp. 8–13. (In Russ.).
- Sobbe C. Beiträge zur Technologie des Schmiedepressens. *Werkstattstechnik*. 1908, no. 9, S. 457–471.
- Tarnovskii I.Ya., Pozdeev A.A., Ganago O.A. *Deformatsii i usiliya pri obrabotke metallov davleniem* [Deformations and forces at metal forming]. Moscow: Mashgiz, 1959, 304 p. (In Russ.).
- Golovin A.F. *Prokatka: v 2-kh t.* [Rolling: in 2 vols.]. Moscow: Metallurgizdat, 1933. (In Russ.).
- Solomonov K.N., Kostarev I.V., Abashkin V.P. *Modelirovanie protsessov ob'emnoi shtampovki i kovki ploskikh zagotovok* [Simulation of processes of bulk forging and forging of flat blanks]. Moscow: ID MISiS, 2008, 128 p. (In Russ.).
- Solomonov K. Development of software for simulation of forming forgings. *Procedia Engineering*. 2014, no. 81, pp. 437–443.
- Storozhev M.V., Popov E.A. *Teoriya obrabotki metallov davleniem* [Theory of metal forming]. Moscow: Mashinostroenie, 1971, 424 p. (In Russ.).
- Gubkin S.I. *Plasticheskaya deformatsiya metallov: v 3-kh t.* [Plastic deformation of metals: in 3 vols.]. Moscow: Metallurgizdat, 1960. (In Russ.).

Information about the authors:

L.I. Tishchuk, Lecturer

K.N. Solomonov, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair "Theoretical and Applied Mechanics" (konssol@list.ru)

Received January 26, 2018