

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА ДЕФОРМИРОВАНИЯ В РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

© 2018

П.Н. Шенбергер, старший преподаватель кафедры
«Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: оптимальный зазор; напряжения и деформации при резке; разделительные операции; образование трещин.

Аннотация: В статье рассматривается механизм деформирования при резке тонколистового материала с целью прогнозирования качества профиля реза путем рационального выбора зазора и показателей системы «заготовка – секционный рабочий инструмент». Задачи исследования решались для плоской деформации с использованием конечно-элементной модели процесса резки. На основании результатов расчета выполнено описание напряженно-деформированного состояния материала в зоне реза для четырех стадий процесса. Определены показатели напряженно-деформированного состояния и условия в материале, которые приводят к образованию трещины. Выполнена оценка степени влияния усилия деформирования и прижима на величины упругих деформаций секций и значение зазора. Установлено значение распирающего усилия, которое соответствует величине от 10 до 30 % от максимального усилия разделительной операции. В работе отмечено, что значительное влияние на изменение величины зазора между режущими секциями оказывает боковое распирающее усилие. Выявлено, что изменение величины зазора под влиянием упругих деформаций верхней и нижней секции невелико и находится в пределах допуска рекомендуемого зазора. Предложено условие получения качественной поверхности профиля реза, которое обеспечивается в случае совпадения направления распространения трещины с направлением, соединяющим режущие кромки на секциях верха и низа. Установлено, что оптимальный зазор для значений параметров, используемых в работе, составляет 5 % от толщины материала, что согласуется с производственными результатами. Анализ распределения полей главных нормальных напряжений в очаге деформации позволил установить, что напряжения, будучи растягивающими, способствуют раскрытию скалывающихся трещин, возникающих в слоях заготовки, расположенных вблизи от режущих кромок. В статье отмечено, что распространению скалывающейся трещины от режущей кромки верхнего инструмента способствует большее значение результирующей величины главного нормального растягивающего напряжения в очаге деформации у верхнего инструмента, чем у режущей кромки нижнего инструмента.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование характера распределения напряжений в деформируемом материале необходимо как для более полного выявления механизма деформирования в разделительных операциях холодной листовой штамповки, так и для установления способов управления процессом разделения с целью получения деталей высокого качества.

Изучению разделительных операций при резке тонколистовых заготовок посвящено значительное количество работ. В основном в процессе анализа разделительных операций рассматриваются напряженно-деформированное состояние металла [1–3], силовые режимы технологического процесса [4; 5], методики определения критерия разрушения материала [6; 7], а также размеры и форма инструмента [8–10], обеспечивающие получение качественной поверхности среза для различных металлов.

Значительный вклад в развитие методов анализа процессов разделительных операций внесли работы, посвященные исследованиям особенностей механизма деформирования материала при выполнении разделительных операций листовой штамповки [11; 12], методам теоретического анализа и экспериментального исследования процессов резки [13], разработкам, относящимся к описанию напряженно-деформированного состояния в зоне реза [14], параметрам разрушения [15] и т. д.

В настоящее время все чаще исследование процессов резки металлов основывается на использовании методов численного моделирования с применением

программных систем, в основу которых заложен метод конечных элементов [16; 17]. Необходимость применения программ инженерного анализа для исследования процессов обработки металлов давлением связана с их возможностями в области моделирования сложных процессов со значительными пластическими деформациями и разрушением материалов [18].

В процессе разработки конструкций разделительных штампов последовательного действия [19–21] отдельное внимание уделяется проблеме определения и обеспечения оптимальной величины зазора между рабочим инструментом. Неверно подобранная величина зазора приводит к снижению качества профиля реза за счет появления дефектов в зоне разделения материала [22; 23].

Выбор величины зазора зависит от вида и толщины материала. Для вырубki крупногабаритных заготовок толщиной 0,8 мм из стали 08Ю ОСВ, предназначенных для автомобильной промышленности, величина двустороннего зазора составляет в среднем от 4 до 16 % от толщины [24–26]. Величина зазора в указанных работах различна и может варьироваться в пределах от 20 %.

Повышение требований к качеству крупногабаритных тонколистовых деталей кузова современного автомобиля и проблемы, связанные с его обеспечением, определяют область настоящего исследования.

Основной задачей исследования является прогнозирование качества профиля реза тонколистовых заготовок на основе рационального выбора зазора и показателей системы «заготовка – рабочий инструмент».

Цель работы – совершенствование разделительных операций для тонколистового материала крупногабаритных заготовок путем рационального выбора зазора и показателей системы «заготовка – рабочий инструмент».

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рациональная величина зазора находилась на основе численного моделирования процесса разделительной операции. Схема напряженно-деформированного состояния в зоне реза принималась плоско-деформированной. Условие перехода тела в пластическое состояние задавалось законом Хилла для ортотропного тела. В качестве критерия разрушения использовался нормированный интегральный закон Cockcroft-Latham. Зазор между секционным рабочим инструментом анализировался в допустимом интервале значений от 0,03 до 0,065 мм. Минимальные размеры конечных элементов в зоне зазора составляли 5...7 мкм. Общее число конечных элементов достигало 21000.

Численный анализ процесса резки был реализован с помощью программы DEFORM-2D.

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Численное моделирование показало, что при различных технологических зазорах по мере увеличения нагрузки растет очаг деформации и концентрация напряжений у режущих кромок секций (рис. 1). По мере перемещения верхней секции интенсивность напряжений распространяется вглубь очага деформации. Максимальные главные деформации в зоне реза распределяются неравномерно, что свидетельствует об их неоднородности (рис. 2).

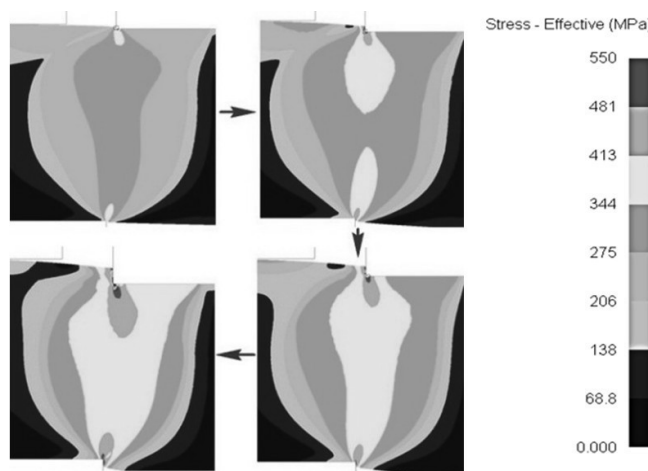


Рис. 1. Увеличение очага деформации по мере увеличения нагрузки (параметр – интенсивность напряжений)

Анализ напряженно-деформированного состояния материала в зоне реза был осуществлен для четырех стадий процесса (рис. 3):

- 1 – упругая деформация,
- 2 – упруго-пластическая деформация,
- 3 – упруго-пластическая стадия и начало разрушения,

4 – распространение трещины, ведущее к разрушению.

Уровни выбора данных расположены с шагом 0,1S для области исследования равной толщине материала (S) (рис. 4).

Полученные данные, представленные в виде графиков, позволили выполнить описание напряженно-деформированного состояния в зоне реза материала. Анализ максимальных главных напряжений в точке T1 показал, что наибольшее значение напряжения наблюдается под прижимом ввиду изгиба материала заготовки (рис. 5). В точке T2 градиент напряжений максимален в зазоре между инструментом. Для стадии процесса в точке T3 наблюдается увеличение напряжений в зазоре для материала со стороны секции низа и падение напряжений, соответствующих началу разрушения материала от режущей кромки секции верха.

Анализ максимальных главных деформаций показал, что во всех трех точках происходит рост градиента главных деформаций в направлении распространения трещины (рис. 6).

Скорость деформации также максимальна для участков заготовки под секцией верха (рис. 7). В точке T3 показано значительное увеличение скорости деформации, относящееся к формированию условий в материале для его разрушения, а также падение скорости для участков вблизи режущей кромки секции верха, в которых уже получила развитие трещина.

Для нахождения рациональной величины зазора необходимо учесть и оценить влияние деформации инструмента. Сопряженная задача определения упругих деформаций инструмента, выполненного из стали У10А, позволила установить степень влияния усилия деформирования и прижима на величины упругой деформации верхнего и нижнего рабочего инструмента и значение зазора (рис. 8, 9). Полученное значение распирающего усилия соответствует расчетному интервалу, согласно которому величина горизонтальной силы составляет от 10 до 30 % от максимального усилия разделительной операции.

Совместное влияние упругих деформаций верхнего и нижнего инструмента приводит к изменению величины зазора в пределах его допуска [26]. Величина смещения под действием упругих сил составляет от 20,2 до 32,8 % допуска на величину зазора, под влиянием прижима – от 3,3 до 4,3 %.

Результаты расчета показали, что большее влияние на изменение величины зазора оказывает действие бокового распирающего усилия на верхний инструмент за счет большей площади контакта материала заготовки и инструмента. Значение горизонтального смещения верхнего инструмента на 14 % выше, чем величина смещения нижнего инструмента.

Смещение режущих кромок инструмента, а также величина зазора формируют различные условия разрушения тонколистового материала. Численный расчет в условиях смещения рабочего инструмента показал, что при зазорах 0,03 и 0,06 мм траектория развития трещины вначале имеет дугобразный характер, а при величине зазора 0,04 мм проходит по прямолинейной траектории (рис. 10). Таким образом, при величине зазора 0,04 мм наблюдается точное совпадение скалывающихся трещин, идущих от режущих кромок.

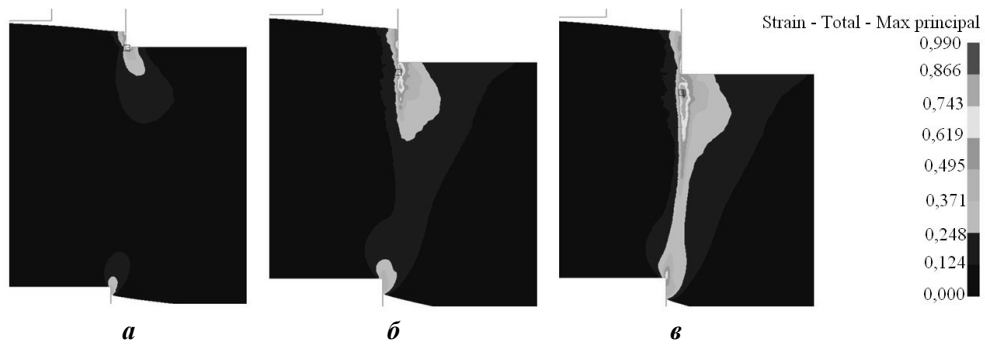


Рис. 2. Максимальные главные деформации: а – $0,1S$; б – $0,19S$; в – $0,23S$



Рис. 3. Анализ напряженно-деформированного состояния материала в зоне реза для четырех стадий процесса

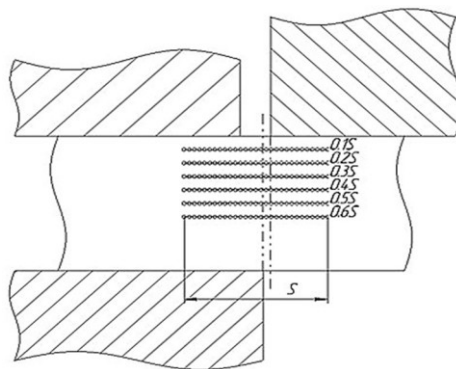


Рис. 4. Уровни анализа напряженно-деформированного состояния материала в зоне реза

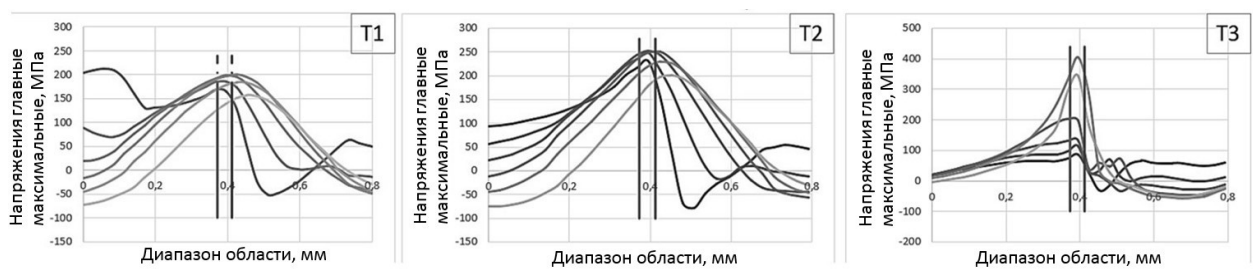


Рис. 5. Максимальные главные напряжения

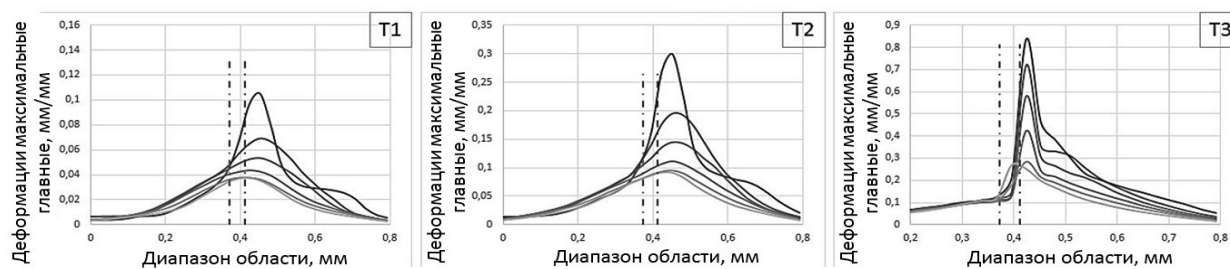


Рис. 6. Максимальные главные деформации

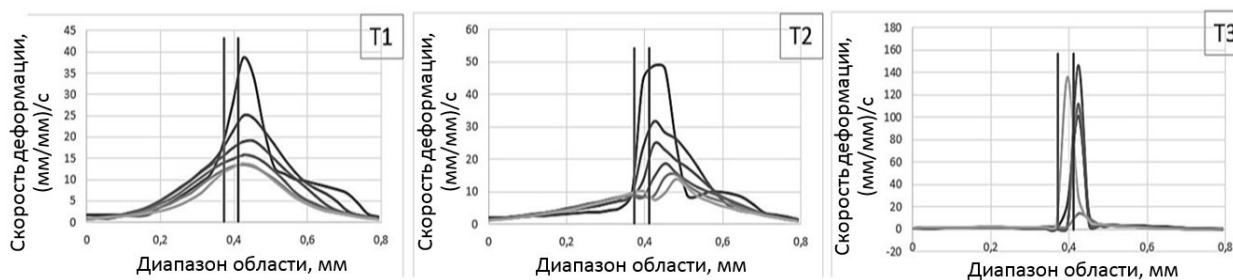


Рис. 7. Скорость деформации

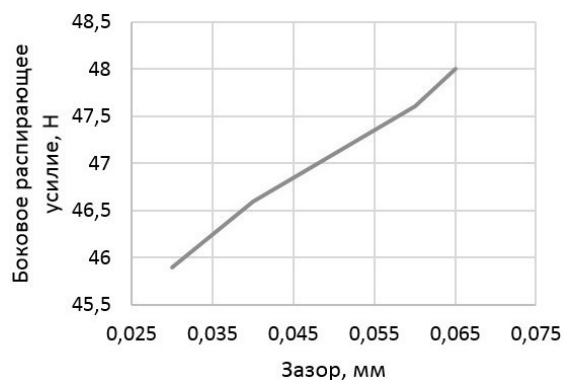


Рис. 8. Зависимость величины бокового распирающего усилия от величины зазора

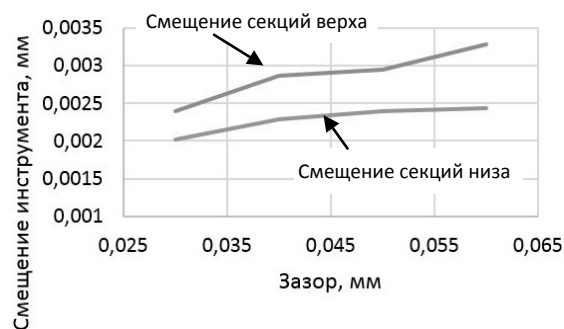


Рис. 9. График зависимости величины смещения режущих секций от величины зазора под действием распирающих сил

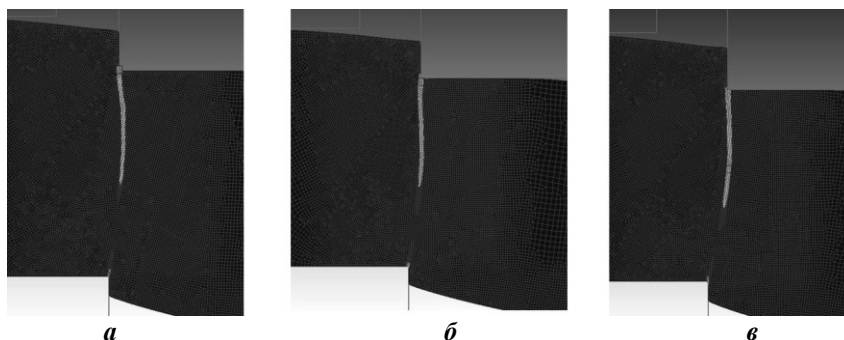


Рис. 10. Направления развития трещины при различной величине зазора:
а – 0,03 мм; б – 0,04 мм; в – 0,06 мм

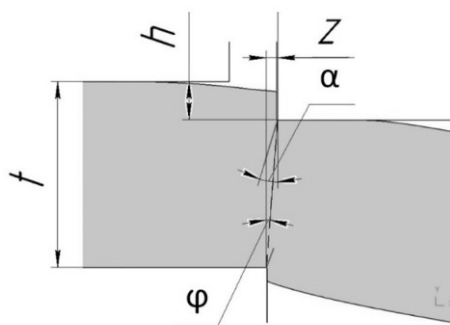
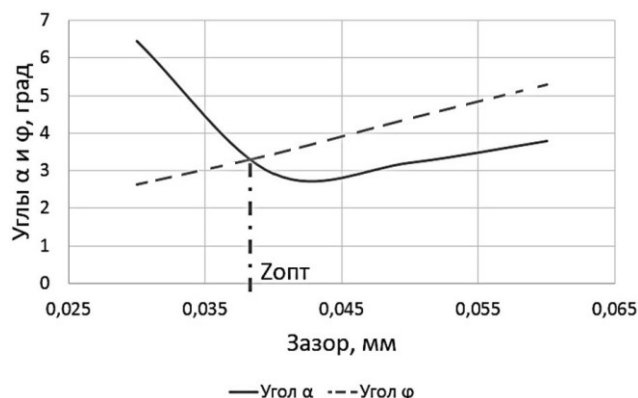


Рис. 11. Направление распространения трещины

Рис. 12. Значения углов α и φ для различных зазоров с использованием результатов конечно-элементного анализа

Зазор будет оптимален, когда направление распространения трещины совпадает с направлением, соединяющим режущие кромки инструментов (диагональная линия) (рис. 11) [1]:

$$\alpha = \varphi,$$

где α — угол распространения трещины;

φ — угол наклона отрезка, соединяющего кромки режущего инструмента в момент зарождения трещины.

Точное совпадение трещин, которые распространяются от режущих кромок, обеспечивает качественную поверхность реза.

Значения углов α и φ были рассчитаны для различных зазоров с использованием результатов конечно-элементного анализа (рис. 12). Оптимальный зазор для значений параметров, используемых в этой работе, составляет 5 % от толщины материала, что согласуется с производственными результатами. Полученные значения углов в целом соответствуют интервалу значений углов распространения трещины, представленных в работах [14; 24].

В результате численных экспериментов получено значение угла распространения трещины (для стали 08Ю ОСВ толщиной 0,8 мм), при котором зазор оптимален, оно равно $3,4^\circ$. Найденная величина угла незначительно меньше нижнего значения интервала (от 4 до 6°) изменения зазоров. В зависимости от пластичности металла также наблюдается изменение границ интервала угла распространения трещины.

Характер распределения полей главных нормальных напряжений в очаге деформации показал (рис. 5), что напряжения, будучи растягивающими, способствуют раскрытию скалывающихся трещин, возникающих в слоях заготовки, расположенных вблизи от режущих кромок. Полученный результат является подтверждением гипотез о направлении распространения трещины, представленных в работах [1; 11; 12].

Благодаря концентрации напряжений в устье трещины, последняя быстро развивается в толщину заготовки и при встрече трещин, идущих от режущих кромок навстречу друг другу, процесс разделения заготовки заканчивается.

Результирующая величина главного нормального растягивающего напряжения больше у режущей кромки верхнего, чем у нижнего инструмента (рис. 5), что способствует образованию и распространению скалывающейся трещины от верхнего инструмента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Представленная методика численного моделирования разделительных операций на основе расчетной конечно-элементной модели процесса резки тонколистового материала позволяет прогнозировать качество получаемых заготовок с учетом особенностей деформирования.

Анализ полученных результатов показал, что упругое смещение рабочего инструмента не выходит за границы допуска технологического зазора.

Установлены величины упругих деформаций инструмента, возникающие в процессе разделительной

операции тонколистового материала. Выявлено, что упругое горизонтальное смещение на верхнем ноже больше, чем на нижнем ноже, на 14 %.

Описан механизм вязкого разрушения для разделительных операций. Найдено подтверждение гипотезы о направлении распространения трещины, которое связано с действием максимальных главных растягивающих напряжений.

По результатам численных экспериментов определены границы оптимального технологического зазора. Показано, что для рулонной холоднокатаной стали 08Ю толщиной 0,8 мм значение оптимального зазора составляет 5 % от толщины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Quazi T.Z., Shaikh R.S. An Overview of Clearance Optimization in Sheet Metal Blanking Process // *International Journal of Modern Engineering Research*. 2012. № 2. P. 4547–4558.
2. Dhulugade Y.N., Gore P.N. Design and Development of Sheet Metal “Draw” Component Using CAE Technology // *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2013. № 3. P. 30–39.
3. Почекуев Е.Н., Шенбергер П.Н. Повышение качества крупногабаритных заготовок на основе моделирования разделительных операций в последовательных штампах // *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением*. 2018. № 2. С. 27–31.
4. Константинов И.Л., Сидельников С.Б. Основы технологических процессов обработки металлов давлением. М.: ИНФРА-М, 2016. 488 с.
5. Воронцов А.Л., Албагачиев А.Ю., Султан-заде Н.М. Теоретические основы обработки металлов в машиностроении. Старый Оскол: ТНТ, 2014. 551 с.
6. Тутышкин Н.Д., Трегубов В.И. Связанные задачи теории пластичности и повреждаемости деформируемых материалов. Тула: ТулГУ, 2016. 267 с.
7. Diaz D., Altan T. Blanking and edge fracture in flanging of AHSS. Part I // *STAMPING Journal*. 2017. Vol. 2. P. 20–21.
8. Naranje V., Kumar S. Knowledge based system for automated design of deep drawing die for axisymmetric parts // *Expert Systems with Applications*. 2014. № 41. P. 1419–1431.
9. Potočník, D. GAJA: 3D CAD methodology for developing a parametric system for the automatic (re)modeling of the cutting components of compound washer dies // *Journal of Zhejiang University-Science A*. 2013. Vol. 14. № 5. P. 327–340.
10. Chung Y. Geometric modeling of drawbeads using vertical section sweeping // *Computer-Aided Design*. 2013. Vol. 45. № 12. P. 1556–1561.
11. Вишневский Н.С., Константинов В.Ф. Повышение стойкости разделительных штампов. М.: Машиностроение, 1984. 119 с.
12. Михаленко Ф.П. Стойкость разделительных штампов. М.: Машиностроение, 1976. 208 с.
13. Арышенский Ю.М., Гречников Ф.В. Теория и расчеты пластического формоизменения анизотропных материалов. М.: Металлургия, 1990. 304 с.
14. Попов Е.А., Ковалев В.Г., Шубин И.Н. Технология и автоматизация листовой штамповки. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 479 с.
15. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. Киев: Высшая школа, 1983. 176 с.
16. Ашейчик А.А., Полонский В.Л. Расчет деталей машин методом конечных элементов. СПб.: Политехнический ун-т, 2016. 242 с.
17. Селедкин Е.М. Расчет процессов обработки материалов давлением методом конечных элементов. Тула: ТулГУ, 2016. 112 с.
18. Непершин Р.И. Прикладные проблемы пластичности. М.: Станкин, 2016. 310 с.
19. Почекуев Е.Н., Шенбергер П.Н. Системное управление процессом проектирования разделительных штампов для холодной листовой штамповки // *Известия Московского государственного технического университета МАМИ. Технология машиностроения и материалы*. 2013. Т. 2. № 2. С. 48–52.
20. Почекуев Е.Н., Шенбергер П.Н. Поисковое проектирование конструкций последовательных разделительных штампов для листовой штамповки // *Вектор науки Тольяттинского государственного университета*. 2015. № 2. С. 161–165.
21. Почекуев Е.Н., Путеев П.А., Шенбергер П.Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX. М.: ДМК, 2012. 336 с.
22. Батышев А.И. Проектирование и производство заготовок. М.: МГОУ, 2013. 247 с.
23. Проскурин А.А. Разработка устройства и исследование режимов реверсивной вырубки деталей из тонколистового проката без заусенцев : дис. ... канд. техн. наук. М., 2015. 172 с.
24. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной листовой штамповки. М.: Машиностроение, 1989. 303 с.
25. Зубцов М.Е. Листовая штамповка. Л.: Машиностроение, 1980. 432 с.
26. Справочник конструктора штампов: листовая штамповка / под общ. ред. Л.И. Рудмана. М.: Машиностроение, 1988. 495 с.

REFERENCES

1. Quazi T.Z., Shaikh R.S. An Overview of Clearance Optimization in Sheet Metal Blanking Process. *International Journal of Modern Engineering Research*, 2012, no. 2, pp. 4547–4558.
2. Dhulugade Y.N., Gore P.N. Design and Development of Sheet Metal “Draw” Component Using CAE Technology. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2013, no. 3, pp. 30–39.
3. Pochekuev E.N., Shenberger P.N. Improving the quality of large-size billets on the basis of modeling of separation operations in successive dies. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem*, 2018, no. 2, pp. 27–31.
4. Konstantinov I.L., Sidelnikov S.B. *Osnovy tekhnologicheskikh protsessov obrabotki metallov davleniem* [Basics of technological procedure of pressure metal treatment]. Moscow, INFRA-M Publ., 2016. 488 p.
5. Vorontsov A.L., Albagachiev A.Yu., Sultan-zade N.M. *Teoreticheskie osnovy obrabotki metallov v mashinostroenii* [Theoretical Foundations of metal processing in mechanical engineering]. Staryy Oskol, TNT Publ., 2014. 551 p.

6. Tutyshkin N.D., Tregubov V.I. *Svyazannye zadachi teorii plastichnosti i povrezhdaemosti deformiruemyykh materialov* [Linked tasks of plasticity theory and deformable materials damaging]. Tula, TulGU Publ., 2016. 267 p.
7. Diaz D., Altan T. Blanking and edge fracture in flanging of AHSS. Part I. *STAMPING Journal*, 2017, vol. 2, pp. 20–21.
8. Naranje V., Kumar S. Knowledge based system for automated design of deep drawing die for axisymmetric parts. *Expert Systems with Applications*, 2014, no. 41, pp. 1419–1431.
9. Potočník, D. GAJA: 3D CAD methodology for developing a parametric system for the automatic (re)modeling of the cutting components of compound washer dies. *Journal of Zhejiang University-Science A*, 2013, vol. 14, no. 5, pp. 327–340.
10. Chung Y. Geometric modeling of drawbeads using vertical section sweeping. *Computer-Aided Design*, 2013, vol. 45, no. 12, pp. 1556–1561.
11. Vishnevskiy N.S., Konstantinov V.F. *Povyshenie stoykosti razdelitelnykh shtampov* [Improving the durability of shearing dies]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1984. 119 p.
12. Mikhaleenko F.P. *Stoykost razdelitelnykh shtampov* [Shearing dies durability]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976. 208 p.
13. Aryshenskiy Yu.M., Grechnikov F.V. *Teoriya i raschety plasticheskogo formoizmeneniya anizotropnykh materialov* [Theory and calculations of plastic forming of anisotropic materials]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1990. 304 p.
14. Popov E.A., Kovalev V.G., Shubin I.N. *Tekhnologiya i avtomatizatsiya listovoy shtampovki* [Technology and automation of sheet stamping]. Moscow, MG TU im. N.E. Bauman Publ., 2003. 479 p.
15. Ogorodnikov V.A. *Otsenka deformiruemosti metallov pri obrabotke davleniem* [The assessment of deformability of metals when pressure processing]. Kiev, Vysshaya shkola Publ., 1983. 176 p.
16. Asheychik A.A., Polonskiy V.L. *Raschet detaley mashin metodom konechnykh elementov* [The calculation of machine parts using finite element method]. Sankt Petersburg, Politehnicheskii un-t Publ., 2016. 242 p.
17. Seledkin E.M. *Raschet protsessov obrabotki materialov davleniem metodom konechnykh elementov* [The calculation of the processes of metal pressure treatment using finite element method]. Tula, TulGU Publ., 2016. 112 p.
18. Nepershin R.I. *Prikladnye problemy plastichnosti* [Applied plasticity problems]. Moscow, Stankin Publ., 2016. 310 p.
19. Pohekuev E.N., Shenberger P.N. System management of the design process separating stamps for cold stamping. *Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI. Tekhnologiya mashinostroeniya i materialy*, 2013, vol. 2, no. 2, pp. 48–52.
20. Pohekuev E.N., Shenberger P.N. Exploratory development of the structures of progressive separating dies for sheet stamping. *Vektor nauki Tolyatinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, no. 2, pp. 161–165.
21. Pohekuev E.N., Puteev P.A., Shenberger P.N. *Proektirovanie shtampov dlya posledovatelnoy listovoy shtampovki v sisteme NX* [Development of dies for progressive sheet stamping in NX system]. Moscow, DMK Publ., 2012. 336 p.
22. Batyshev A.I. *Proektirovanie i proizvodstvo zagotovok* [Design and manufacture of blanks]. Moscow, MGOU Publ., 2013. 247 p.
23. Proskurin A.A. *Razrabotka ustroystva i issledovanie rezhimov reversivnoy vyrubki detaley iz tonkolistovogo prokata bez zausentsev*. Diss. kand. tekhn. nauk [The development of a device and the study of the modes of reversing blanking of parts made of burnfree rolled sheet material]. Moscow, 2015. 172 p.
24. Averkiev Yu.A., Averkiev A.Yu. *Tekhnologiya kholodnoy shtampovki* [Cold stamping technology]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1989. 303 p.
25. Zubtsov M.E. *Listovaya shtampovka* [Sheet stamping]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1980. 432 p.
26. Rudman L.I., ed. *Spravochnik konstruktora shtampov: listovaya shtampovka* [Sheet stamping: reference book for dies designer]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988. 495 p.

**SPECIAL CHARACTERISTICS OF THE DEFORMING MECHANISM
DURING STAMPING SHEARING OPERATIONS**

© 2018

P.N. Shenberger, senior lecturer of Chair “Welding, pressure materials treatment and related processes”
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: optimal gap; stresses and deformations when cutting; shearing operations; crack formation.

Abstract: The paper considers the deformation mechanism when cutting thin sheet material to predict the quality of a cut profile by the rational choice of a gap and the indicators of the “workpiece – sectional working tool” system. The research objectives were solved for flat deformation using the finite element model of a cutting process. Based on the calculation results, the author described the stress-strain state of the material in the cutting zone for four stages of the process and determined the indices of the stress-strain state and the conditions in the material leading to the crack formation. The degree of influence of the deformation force and pressing on the values of the elastic deformation of sections and the gap value is estimated. The study identified the bursting force value which corresponds to the value of 10 to 30 % of the maximum force of a shearing operation. In the work, it is noted that the lateral bursting force influences considerably the variation of a gap between the cutting sections. It is found that the gap size variation under the influence of elastic deformations of the upper and lower sections is small and is within the permitted recommended gap. The author offers the condition for the production of a qualitative profile surface of a cut which is provided in the case of coincidence of the crack propagation direction and the direction connecting the cutting edges on the top and bottom sections. It is determined that the optimal gap for the parameters values used in the work is 5 % of the material thickness, which is consistent with the production results. The analysis of fields’ distribution of the main normal stresses in the deformation region allowed determining that the stresses, being the stretching, contribute to the opening of shearing cracks occurring in the layers of a workpiece located near the cutting edges. The paper notes that the value of the resultant of main normal tensile stress in the deformation region of the upper tool greater than that of the cutting edge of the lower tool facilitates the shearing crack propagation from the cutting edge of the upper tool.