

Николенко Р.С., Кухарь В.В.,

Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Украина

**ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА DEFORM 3D ДЛЯ АНАЛИЗА
ВАРИАНТОВ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК ТИПА
«ПЛАСТИНА С ОТРОСТКОМ»**

Nikolenko R.S., Kuhar' V.V.

State higher educational institution «Priazovsky state technical University», Mariupol, Ukraine, niklenk.rma@rambler.ru, kvv_mariupol@mail.ru

**IMPLEMENTATION OF DEFORM 3D SOFTWARE PACKAGE
FOR WHAT IF ANALYSIS OF DIE FORGING
OF 'PLATE WITH BRANCH' FORGED PIECES**

Выполнен сравнительный анализ технологии горячей объёмной штамповки поковки типа «Пластина с отростком», производимой в условиях ЗАО «Азовэлектро-сталь», на основе моделирования технологических процессов штамповки по трём технологиям. Приведены и проанализированы графические зависимости изменения напряжённо-деформированного состояния при штамповке по трём технологиям с применением осадки с эксцентриситетом нагрузки и без него. Полученные результаты показывают преимущества применения эксцентричной осадки в качестве предварительного профилирования перед последующей штамповкой.

Ключевые слова: поковка «пластина», профилирование, объёмная штамповка, моделирование, выпуклые плиты.

Введение

В настоящее время для отечественной промышленности актуальны вопросы, связанные с модернизацией старых и разработкой новых технологических процессов, внедрением энергоэкономичных и металлосберегающих технологий. Не исключением является и отрасль кузнечно-штамповочного производства, обладающая огромным потенциалом для реализации принципов повышения качества и конкурентоспособности производимой продукции.

Максимальное приближение формы заготовки к форме готового изделия, т.е. предварительное профилирование, позволяет значительно сократить потери материала в облой, снизить затраты на последующую механическую обработку, а также повысить стойкость штампового инструмента. Наиболее актуальными вопросы профилирования заготовок остаются для процессов горячей объёмной штамповки, в которых штампы, подвергаясь интенсивному

ударно-абразивному износу, воздействию высоких температур и давлений, работают в весьма неблагоприятных условиях [1]. Исследование процесса предварительного профилирования перед последующей штамповкой проведены авторами в [2–4], в работах которых исследовано влияние формы деформирующего инструмента на напряжённо-деформированное состояние (НДС) и приведены значения макропоказателей формоизменения.

В работах [5–8] авторами исследовано и показано преимущество использования осадки инструментом выпуклого профиля в качестве профилирующей операции перед последующей штамповкой. Однако, номенклатура штампуемых изделий из полуфабриката полученного такой осадкой довольно ограничена, либо требует дополнительных операций или переходов при штамповке. Результаты приведённых исследований позволяют провести сравнительный анализ технологий производства поковок типа «пластина с отростком».

Цель

Целью работы является анализ вариантов технологии горячей объёмной штамповки поковки типа «пластина с отростками» с применением пакета конечно-элементного анализа Deform 3D.

Результаты исследований

Поковку «пластина подвижная» (рис. 1), являющуюся составной частью поглощающего аппарата типа Т2 для сцепки железнодорожных вагонов и цистерн, штампуют в условиях ЗАО «Азовэлектросталь» (г. Мариуполь) на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП) номинальной силой 40 МН.



Рис. 1. Поковка «пластина подвижная»

Базовая технология (рис. 2, а) производства поковки «пластина» (материал – сталь 38ХС ГОСТ 4543-71, масса поковки без обля – 3,77 кг) включает отрезку от прутка цилиндрической заготовки с размерами $\varnothing 90 \times 110$ мм (масса 5,49 кг), индукционный нагрев до 1100 °С, вертикальную установку и осадку плоскими плитами на 10 % для сбива окалины,

предварительную и окончательную штамповку в открытых ручьях с последующей обрезкой облоя в горячем состоянии на обрезном кривошипном прессе усилием 4,0 МН. Подача поковки с облоем от КГШП к обрезному прессу производится транспортером.

Технологический процесс сопровождался нестабильными окончательными размерами поковки в области отростка из-за недоштамповки до требуемых размеров. Это объясняется тем, что низкие поковки типа «пластина» с тонким полотном требуют больших удельных усилий на гравюре для полного окончательного оформления размеров изделия, а отсутствие промежуточного приближения формы заготовки к конфигурации поковки приводит к неблагоприятному распределению давлений по её площади проекции. Большие степени обжатия и быстрое охлаждение полотна плоской поковки на штампе приводит к значительному росту сопротивления деформированию металла, что увеличивает долю упругой деформации станины пресса и приводит к недоштамповке и завышенной толщине облоя.

В качестве профилирующей операции для приближения заготовки к геометрии гравюры черного штампа автором [9] было предложено провести осадку выпуклыми плитами (рис. 2, б). Это позволило снизить массу заготовки с 5,49 кг до 5,09 кг, т.е. достичь экономии металла 410 г на каждой поковке, что составляет 7,45 % от массы заготовки или 11 % от массы поковки. При этом частично исключена недоштамповка отростка и обеспечено полное оформление полотна поковки при снижении толщины облоя до нормируемой величины, также отмечено повышение стойкости окончательных гравюр штампа на 14 %.

Для локализации давлений в области оформления отростка, снижения упругой деформации станины пресса, улучшения заполнения гравюры штампа предложено выполнять вместо операции осадки заготовки плоскими или выпуклыми плитами операцию осадки выпуклыми продолговатыми (радиусными) плитами с обеспечением эксцентриситета оси выпуклости плит к вертикальной оси заготовки (рис. 2, в). Подобное профилирование заготовки позволяет произвести вытяжку полуфабриката в направлении максимального габаритного размера, обеспечить распределение объёмов металла между областями формирования отростка и удлинение полотна поковки.

Для проверки и подтверждения результатов было проведено конечно-элементное моделирование процесса штамповки детали «пластина подвижная».

Моделирование проводили в пакете конечно-элементного анализа Deform 3D (временная лицензия №8145).

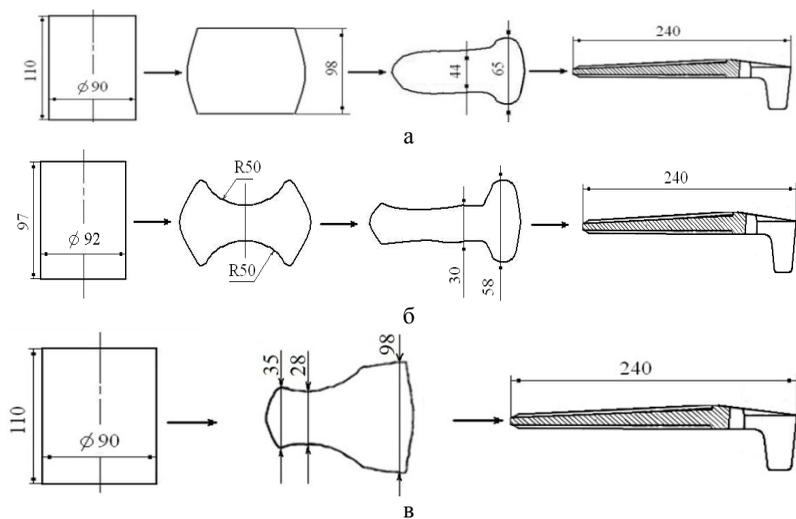


Рис. 2. Эскизы переходов штамповки поковки «пластина подвижная»: а - по базовой заводской технологии; б - с применением осадки выпуклыми плитами без эксцентриситета; в - по новой предлагаемой технологии с применением осадки выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки

Модель упрочнения, также как и граничные условия, брали в соответствии с условиями, предложенными программой. Температурные условия принимали изотермическими, температура деформации 1100 °С. Заданное количество конечных элементов составляло 50000 шт., но в процессе моделирования это значение изменялось с поправкой на минимальный размер зерна элемента равный 2 мм и перестройкой сетки в местах локальной деформации. Коэффициент контактного трения при деформации, согласно рекомендациям источника [10], принимали $f = 0,3$.

Модели инструмента были построены в программном пакете КОМПАС – 3D.

Поковка имеет общую длину 240 мм, содержит широкое полотно (ширина 150 мм) и отросток шириной 60 мм. Конечно-элементная модель поковки пластины на окончательной стадии штамповки со схемой замера распределения интенсивностей напряжённо-деформированного состояния (НДС) в продольном и поперечном сечении приведена на рис. 5.

По результатам моделирования построены графики распределения интенсивностей напряжений и интенсивностей деформаций в продольном и поперечном направлении.

На рис. 6 – 8 приведены графики распределения интенсивностей напряжений и интенсивностей деформаций в продольном сечении заготовки.

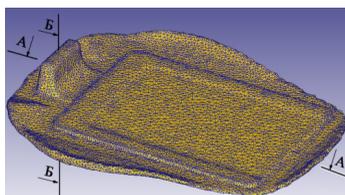


Рис. 5. Конечно-элементная модель отштампованной поковки и поперечные и продольные сечения, в которых проводили анализ НДС

По результатам моделирования построены графики распределения интенсивностей напряжений и интенсивностей деформаций в продольном и поперечном направлении.

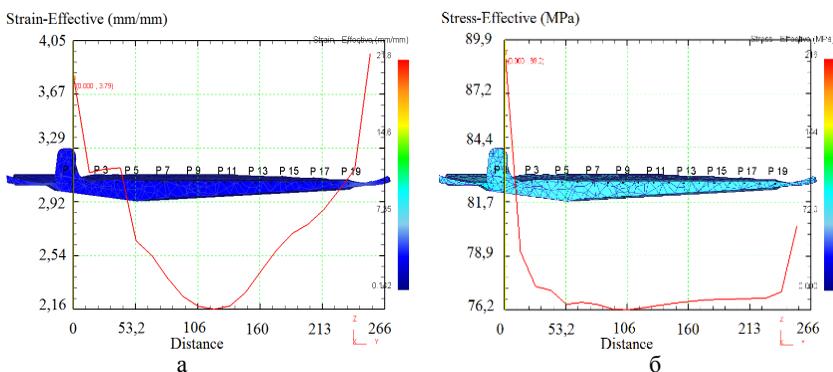


Рис. 6. Распределение интенсивности деформаций - а и интенсивности напряжений - б в продольном сечении (А-А) после штамповки по базовой технологии

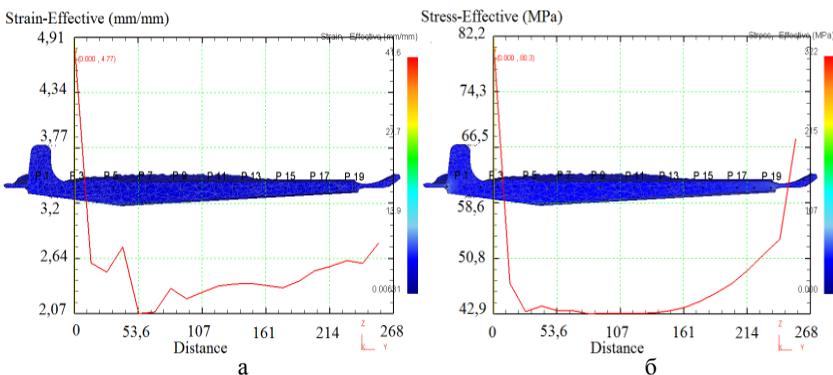


Рис. 7. Распределение интенсивности деформаций - а и интенсивности напряжений - б в продольном сечении (А-А) после штамповки с применением осадки выпуклыми плитами без эксцентриситета

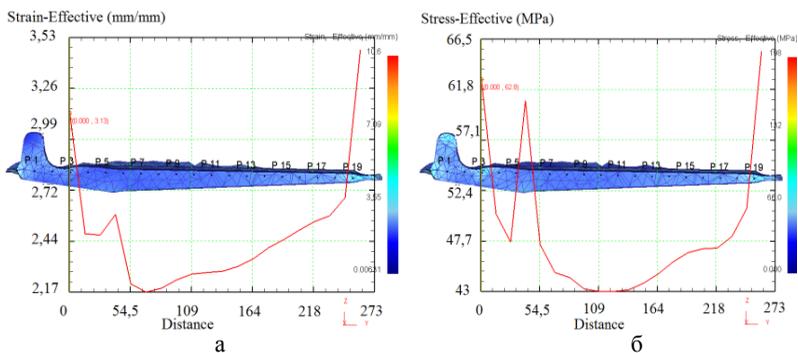


Рис. 8. Распределение интенсивности деформаций а и интенсивности напряжений - б в продольном сечении (А-А) после штамповки с применением осадки выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки

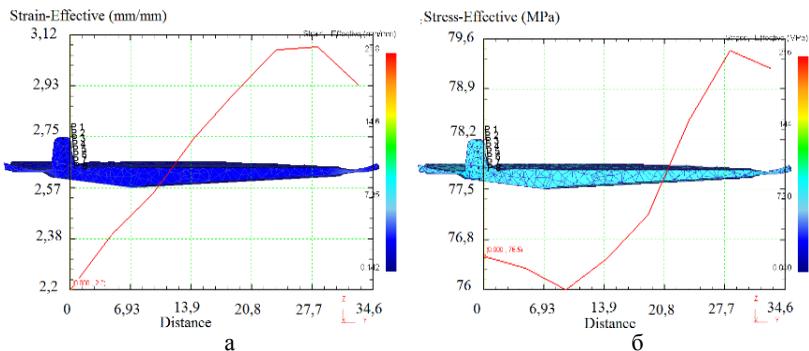


Рис. 9. Распределение интенсивности деформаций - а и интенсивности напряжений - б в поперечном сечении (Б-Б) после штамповки по базовой технологии

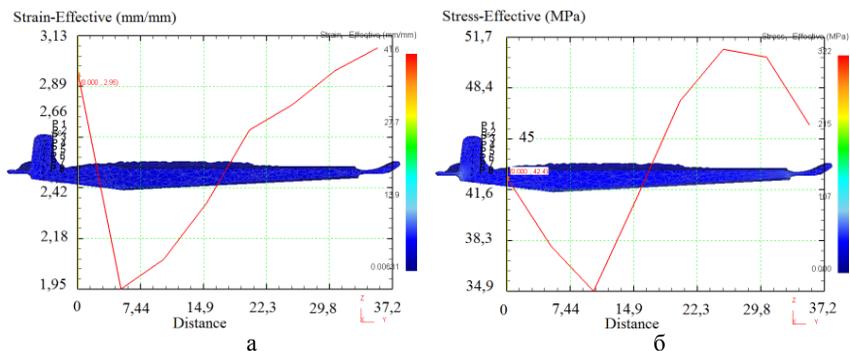


Рис. 10. Распределение интенсивности деформаций - а и интенсивности напряжений - б в поперечном сечении (Б-Б) после штамповки с применением осадки выпуклыми плитами без эксцентриситета

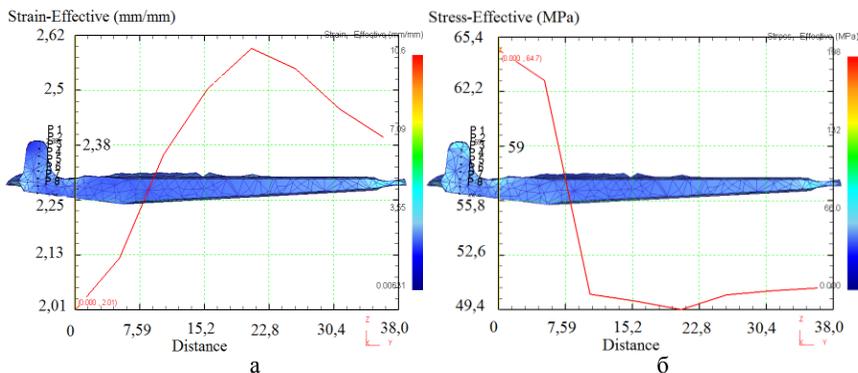


Рис. 11. Распределение интенсивности деформаций - а и интенсивности напряжений - б в поперечном сечении (Б-Б) после штамповки с применением осадки выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки

Из графиков видно возрастание НДС в направлении выступа отростка при штамповке с использованием осадки выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки в качестве профилирующей операции, что говорит о полном заполнении металлом ручьевого пространства.

Выводы

По результатам моделирования выявлено, что внедрение предварительного профилирования осадкой выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки перед операцией штамповки приводит к снижению интенсивности напряжений до 15 % в гравюре окончательного ручья, улучшению заполнения гравюры штампа и позволяет сократить отходы металла в облой до 20 % и сократить количество переходов штамповки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ипатов М. И. Рентабельность машиностроительной продукции при изменении объёма продаж / М. И. Ипатов // Вестник машиностроения. – 1993. – № 2. – С. 59 – 61.
2. Кухарь В. В. Исследование напряженно-деформированного состояния заготовок при профилировании выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки / В. В. Кухарь, Р. С. Николенко // Проблемы трибологии (Problems of Tribology). – 2012. – № 3. – С. 132–136.
3. Кухарь В. В. Исследование формоизменение заготовок при профилировании выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки / В. В. Кухарь, Б. С. Каргин, Р. С. Николенко // Вісник Національного технічного університету «ХП»: Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харьков: НТУ «ХП», 2012. – № 46. – С. 71–76.
4. Кухарь В. В. Анализ процесса осадки заготовок коническими плитами методом смещённых объёмов / В. В. Кухарь, Р. В. Суглобов, Б. С. Каргин, Р. С. Николенко // Захист металургійних машин від поломок: зб. наук. пр. – Маріуполь, 2012, №14. – С. 63–66.
5. Бурко В. А. Совершенствование технологических процессов штамповки поковок пластин / В. А. Бурко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні

науки. – Хмельницький: ХНУ, 2008. – № 6. – С. 64-67.

6. Кухарь В. В. Экспериментальные исследования формоизменения цилиндрических заготовок при осадке выпуклыми продолговатыми плитам / В. В. Кухарь, В. А. Бурко // *Металлургические процессы и оборудование*. – 2008. – № 4(14). – С. 35–39.

7. Бурко В. А. Неравномерность деформации при обжатии заготовок выпуклыми плитам в процессах производства поковок пластин / В. А. Бурко, В. В. Кухарь // *Тез. докл. VIII Международной научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «ММК им. Ильича»*. – Мариуполь: ОАО «ММК им. Ильича», 2008. – С. 32–33.

8. Кухарь В. В. Исследование особенностей формоизменения цилиндрических заготовок при осадке выпуклыми продолговатыми плитам / В. В. Кухарь, В. А. Бурко // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2009. – № 1. – С. 66–68.

9. Бурко В. А. Совершенствование технологии горячей объёмной штамповки предварительной осадкой заготовок профильными плитам: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.05 / Бурко Вадим Анатольевич. – Мариуполь, 2010. – 237 с.

10. Грудев А. П. Трение и смазки при обработке металлов давлением: справочник / А. П. Грудев, Ю. В. Зильберг, В. Т. Тилик. – М.: *Металлургия*, 1982. – 312 с.

REFERENCES

1. Ipatov, M. I., 1993. Rentabel'nost' mashinostroitel'noj produkcii pri izmenenii objoma prodazh, *Vestnik mashinostroenija*, No 2, pp. 59 – 61.

2. Kuhar', V. V., Nikolenko, R. S., 2012. Issledovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija zagoto-vok pri profilirovanii vypuklymi plitami s ekscentrisitetom nagruzki, *Problemy trybologii' (Problems of Tribology)*, No 3, pp. 132–136.

3. Kuhar', V. V., Kargin, B. S., Nikolenko, R. S., 2012. Issledovanie formoizmenenie zagotovok pri profilirovanii vypuklymi plitami s jekscentrisitetom nagruzki, *Visnyk Nacional'nogo tehničnogo universytetu «HPI»: Proceedings. Tematychnyj vypusk: Novi rishennja v suchasnyh tehnologijah, Kharkiv, NTU «HPI»*, No 46, pp. 71–76.

4. Kuhar', V. V., Suglobov, R. V., Kargin, B. S., Nikolenko, R. S., 2012. Analiz processa osadki zagotovok konicheskimi plitami meto-dom smeshhjonnyh ob'jomov // *Zahyst metalurgijnyh mashyn vid polomok: Proceedings. Mariupol'*, No 14, pp. 63–66.

5. Burko, V. A., 2008. Sovershenstvovanie tehnologicheskikh processov shtampovki pokovok plastin, *Visnyk Hmel'nyc'kogo nacional'nogo universytetu. Tehnichni nauky. – Hmel'nyc'kyj: HNU*, No 6, pp. 64-67.

6. Kuhar', V. V., Burko, V. A., 2008. Jeksperimental'nye issledovanija formoizmenenija cilindri-cheskikh zagotovok pri osadke vypuklymi prodolgovatymi plitami, *Metallurgicheskie processy i oborudovanie*, No 4(14), pp. 35–39.

7. Burko V. A., Kuhar', V. V., 2008. Neravnomernost' deformacii pri obzhatii zagotovok vypuk-lymi plitami v processah proizvodstva pokovok plastin. *Tez. dokl. VIII Mezhdunarodnoj nauchno–tehničeskoj konferencii molodyh specialistov ОАО «ММК им. Ил'ича»*. – Мариупол': ОАО «ММК им. Ил'ича», pp. 32–33.

8. Kuhar', V. V., Burko, V. A., 2009. Issledovanie osobennostej formoizmenenija cilindr-icheskikh zagotovok pri osadke vypuklymi prodolgovatymi plitami. *Metallurgicheskaja i gornorudnaja prom–st'*, No 1. pp. 66–68.

9. Burko, V. A., 2010. Sovershenstvovanie tehnologii gorjachej ob#jomnoj shtampovki predvaritel'noj osadkoj zagotovok profil'nymi plitami: dis. kand. teh. nauk: 05.03.05 / Burko Vadim Anatol'evich. Mariupol'. 237 p.

10. Grudev A. P., Zil'berg Ju. V., Tilik V. T., 1982. Tрение i smazki pri obrabotke met-

alloy: Handbook. Moscow: Metallurgy, 312 p.

Ніколенко Р.С., Кухар В.В. Застосування пакету DEFORM 3D для аналізу варіантів штампування поковок типу «пластина з відростком».

Виконано порівняльний аналіз технології гарячого об'ємного штампування поковки типу «пластина з відростком», виробленої в умовах ЗАТ «Азовелектросталь», на основі моделювання технологічних процесів штампування за трьома технологіями. Наведено та проаналізовані графічні залежності зміни напружено-деформованого стану при штампуванні за трьома технологіями зі застосуванням осаджування з ексцентриситетом навантаження і без нього. Отримані результати показують переваги застосування ексцентричного осаджування у якості попереднього профілювання перед наступним штампуванням.

Ключові слова: поковка «пластина з відростком», профілювання, об'ємне штампування, моделювання, опуклі плити.

Nikolenko R.S., Kuhar' V.V. Implementation of DEFORM 3D software package for what if analysis of die forging of 'plate with branch' forged pieces.

The purpose of this work is what if analysis of hot die forging technology of 'plate with branch' forged piece by using of Deform 3D software package for finite element analysis.

The comparative analysis of hot die forging has been conducted for the 'plate with branch' forged piece produced on Private joint-stock company 'AZOVELECTROSTAL' using of three technologies. Finite-element modelling of the forming process for 'plate with branch' forged piece was carried out for verification of the analysis' results. Graphical dependences of stress-strain state variation at forging by three technologies have been presented and analysed while using upsetting with eccentricity of load and without it. The modelling and experimental results have shown clearly the advantages of implementation of eccentricity upsetting for preliminary shaping before the following die forging.

The new and more effective technology for production of 'plate with branch' forged pieces has been developed.

Keywords: 'plate with branch' forged piece, shaping, die forging, modelling, convex plate.