

УДК 621.73:06-52

*ст. препод. Коваленко О. А.,
к.т.н. Куберский С. В.,
д.т.н. Новохатский А. М.,
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)*

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ СТОЙКОСТИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ШТАМПОВ

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния технологических параметров процесса упрочнения штампового инструмента на его стойкость. Предложены практические рекомендации, позволяющие повысить стойкость разделительных штампов.

Ключевые слова: разделительные штампы, напряжённо-деформированное состояние, пуансон, матрица, электроискровое легирование, упрочнение, шероховатость, износ, стойкость.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. В настоящее время достаточно актуальны вопросы, связанные с теоретическими и экспериментальными исследованиями, направленными на разработку эффективных методов, способствующих обеспечению надёжной и безопасной эксплуатации и продлению ресурса механизированного инструмента на всех стадиях его жизненного цикла.

Применительно к процессу листовой штамповки важной научно-практической задачей является расширение технологических возможностей оборудования и увеличение срока эксплуатации штампового инструмента. Решение отмеченных задач представляется возможным при условии проведения всесторонних теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку рекомендаций по совершенствованию технологии и оборудования, а также методов упрочнения режущих кромок разделительных штампов.

В ранее опубликованных работах [1–9] приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, из которых следует, что к вопросу повышения стойкости штампов следует подходить комплексно, сочетая различные технологические и эксплуатационные факторы:

– зависящие от внешних воздействий, т. е. от нагрузок на рабочие части штампов;

– связанные с физико-механическими свойствами материала рабочих частей штампа (матрицы и пуансона);

– связанные с изнашивающей способностью штампуемого материала.

Постановка задачи. На основе экспериментальных и теоретических исследований разработать рекомендации по совершенствованию конструкции разделительных штампов применительно к конкретным технологическим процессам, а также рекомендации по совершенствованию методов и режимов упрочнения режущих кромок штампового инструмента.

Изложение материала и его результаты. Стойкость штампов во многом определяется напряжённо-деформированным состоянием (НДС) режущих поверхностей, которое изменяется под влиянием различных факторов, в том числе и в результате упрочнения штампового инструмента.

В данной работе для упрочнения штампового инструмента был выбран метод электроискрового легирования (ЭИЛ), с применением в качестве материала анода ванадия, который оказался наиболее эффективным по целому ряду технико-экономических показателей [1].

При таком способе упрочнения инструмента было отмечено снижение максимального значения показателя напряжённого состояния практически на 15 %. Кроме того, характер изменения значения по-

казателя напряжённого состояния на поверхности разделительного инструмента на разных участках различный, причём в непосредственной близости к вершине режущей кромки, на участке рабочей поверхности инструментов, наблюдается снижение показателя напряжённого состояния на 30...50 %, а на боковой поверхности инструментов его увеличение в поверхностном слое на 20 %. Однако при этом предел прочности материала поверхностного слоя возрастает на 30 %, что в целом указывает на улучшение условий работы инструмента [2].

Одной из основных характеристик качества упрочнённой поверхности является твёрдость самого слоя и областей, примыкающих к нему.

По результатам проведённых исследований было установлено, что величина микротвёрдости упрочнённого методом ЭИЛ слоя существенно отличается для разных значений шероховатости, которая, в свою очередь, зависит от сплошности слоя, его структуры и пористости.

Так, в результате экспериментальных исследований и оценки НДС инструмента с нанесённым упрочняющим покрытием на базе моделирования методом конечных элементов минимальные значения показателя напряжённого состояния ($K\sigma < 1$) на поверхности упрочнённого слоя соответствуют исходной шероховатости 0,7–0,9 мкм, что хорошо согласуется с другими характеристиками поверхностного слоя (такими как микротвёрдость, предел упругости и предел прочности, износостойкость) именно в указанном диапазоне исходной шероховатости.

Таким образом, на основании полученных результатов, можно утверждать, что при подготовке поверхности к упрочнению ванадием методом ЭИЛ для рабочих поверхностей пуансона и матрицы целесообразно рекомендовать обработку до значений шероховатости в диапазоне 0,7–0,9 мкм [3–5].

Известно, что для снижения технологических усилий при проведении операций вырубке и пробивки, а следовательно, и

для повышения стойкости разделительных штампов применяют штампы со скошенными режущими кромками пуансона или матрицы [6, 7]. Так, при вырубке деталей пуансон изготавливается плоским, а скос делается на матрице. При пробивке матрица изготавливается плоской, а скос делается на пуансоне. Высота и угол скоса выбираются в зависимости от толщины штампуемого материала [6].

Традиционно форма пуансона принимается согласно рисунку 1,а. При вырубке и пробивке толстых и высокопрочных металлов используют пуансоны со скошенными кромками для снижения усилий деформации (рис. 1, б, в). Недостатком таких форм пуансона является то, что при выполнении разделительных операций возможна деформация металла, которая приводит к упрочнению материала заготовки, а следовательно, к повышению напряжений.

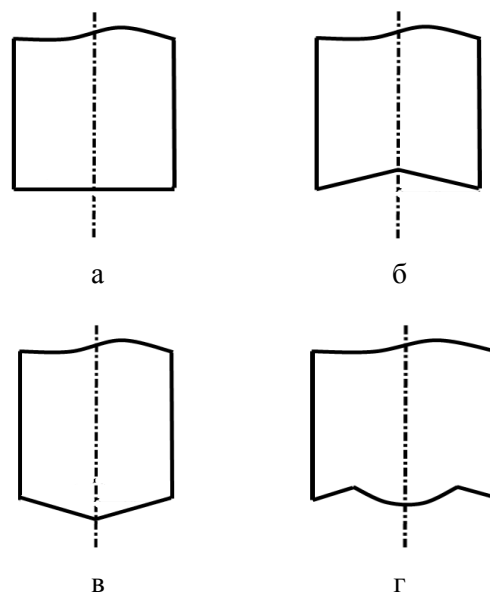


Рисунок 1 Различные конфигурации пуансона

В работе [8] представлена разработанная авторами конечно-элементная модель, позволяющая оценить распределение напряжений на режущих кромках пуансона при различных формах пуансона. Анализ результатов моделирования показал, что форма пуансона существенно влияет на

напряжённое состояние металла в зоне его контакта с пуансоном и на энергосиловые параметры процесса. При этом есть смысл предложить конфигурацию пуансона, представленную на рисунке 1, г.

Предложенная форма пуансона может использоваться как для вырубных, так и для пробивных штампов. Выбранная форма пуансона должна обеспечивать оптимальные значения и горизонтальных, и вертикальных напряжений при разделении металла, что позволяет уменьшить изнашивание рабочих поверхностей инструмента из-за перераспределения напряжений.

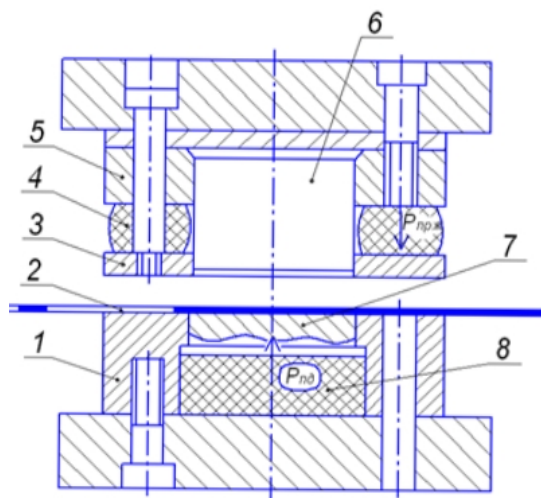
Таким образом, при вырубке и пробивке металла толщиной до 3 мм глубина скоса режущих кромок (Н) принимается равной $2t$ (где t — толщина деформируемого металла), угол скоса (φ) — до 5° . Центральная часть пуансона выступает относительно режущих кромок на 1 мм, что позволяет оптимально распределять напряжения на режущих кромках инструмента и по контактной поверхности материала во время деформации.

Возможность применения предложенных методов повышения стойкости разделительных штампов можно рассмотреть на примере типового штампа для вырубки [7]. На рисунке 2 показан штамп для вырубке заготовок с верхним и нижним прижимом. Заготовка 2 располагается на матрице 1. Штамп имеет верхний прижим 3 и выталкиватель 7, которые работают под действием резиновых буферов 4 и 8 и обеспечивают дифференцированный прижим отхода и вырубленной детали. Вырубка детали осуществляется пуансоном 6, который смонтирован в держатель пуансона 5.

В данном штампе предлагается изменить форму пуансона и нанести упрочняющее покрытие на режущие кромки пуансона и матрицы (рис. 3).

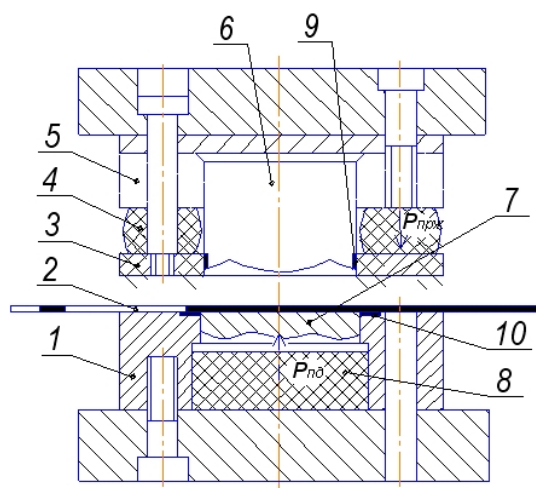
С целью снижения износа и повышения стойкости разделительных штампов поверхностное упрочнение рекомендовано проводить только на определённых участках пуансона и матрицы, подвергающихся

максимальному действию напряжений при выполнении технологических операций листовой штамповки [8] (рис. 4).



1 — матрица; 2 — заготовка; 3 — верхний прижим; 4 — резиновый буфер; 5 — держатель пуансона; 6 — пуансон; 7 — нижний выталкиватель; 8 — резиновый буфер

Рисунок 2 Штамп для вырубке заготовок с нижним и верхним прижимами



1 — матрица; 2 — заготовка; 3 — верхний прижим; 4 — резиновый буфер; 5 — держатель пуансона; 6 — пуансон; 7 — нижний выталкиватель; 8 — резиновый буфер; 9 — зона упрочнения пуансона; 10 — зона упрочнения матрицы

Рисунок 3 Штамп для вырубке заготовок с нижним и верхним прижимами после изменения формы пуансона и нанесения упрочняющего покрытия

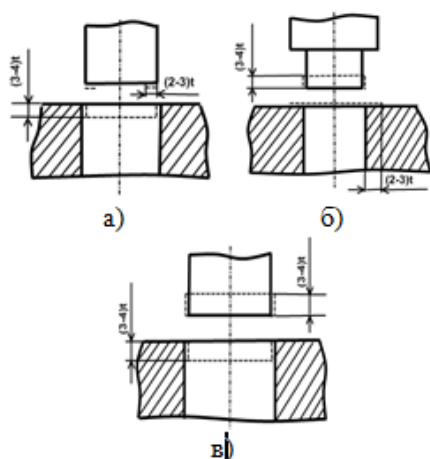


Рисунок 4 Зоны износа и рекомендуемого упрочнения рабочих частей вырубных (а и б) и пробивных (в) штампов

Так, при вырубке упрочнённый слой наносят на торцевую поверхность пуансона и боковую поверхность матрицы или на боковую поверхность пуансона и торцевую поверхность матрицы. Высота и ширина зоны износа пуансона и матрицы зависят от толщины деформируемого материала. Толщина материала принимается равной 1 мм.

Таким образом, в первом случае высота зоны износа матрицы составляет

$$(3-4) t = 3 \times 1 = 3 \text{ мм},$$

а ширина зоны износа пуансона:

$$(2-3) t = 2 \times 1 = 2 \text{ мм}.$$

В другом случае высота зоны износа пуансона составляет

$$(3-4) t = 3 \times 1 = 3 \text{ мм},$$

а ширина зоны износа матрицы:

$$(2-3) t = 2 \times 1 = 2 \text{ мм}.$$

Поэтому в предложенном штампе для вырубki заготовок с нижним и верхним прижимами (рис. 5) высота нанесения покрытия на боковую поверхность пуансона составляет

$$(3-4) t = 3 \times 1 = 3 \text{ мм},$$

ширина нанесения покрытия на торцевую поверхность матрицы:

$$(2-3) t = 2 \times 1 = 2 \text{ мм}.$$

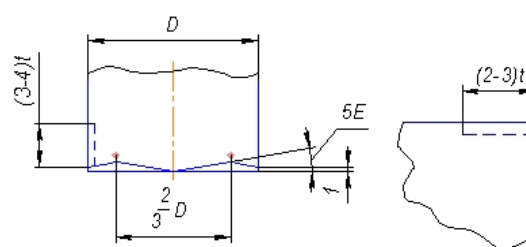


Рисунок 5 Геометрические параметры предложенной формы пуансона и размеры упрочнённых слоёв инструмента

Исходя из полученных экспериментальных данных [5, 9], толщина покрытия, выполненного ванадиевым электродом, составляет (при оптимальной исходной шероховатости поверхности 0,7–0,9 мкм):

- «белый» слой — 6–12 мкм;
- слой с высокой твёрдостью и прочностью — 10–30 мкм;
- переходная зона — 14–60 мкм.

Расход электрода на площадь 1 см² при времени нанесения покрытия 5 минут составляет в среднем 0,0083 г.

Выводы и направление дальнейших исследований. Для обеспечения высокой твёрдости получаемого методом ЭИЛ упрочнённого слоя и областей, примыкающих к нему, необходимо обрабатывать поверхности пуансона и матрицы перед легированием до значений шероховатости в диапазоне 0,7–0,9 мкм.

Предложена новая форма пуансона, обеспечивающая оптимальные значения горизонтальных и вертикальных напряжений при разделении металла, что способствует уменьшению износа рабочих поверхностей инструмента ввиду перераспределения возникающих напряжений.

Рекомендовано проводить поверхностное упрочнение участков пуансона и матрицы, на которых возникают максимальные напряжения, и учитывать при этом толщину деформируемого материала.

Предложена оптимальная толщина основных слоёв упрочняемого покрытия, выполненного методом ЭИЛ с использованием ванадиевого электрода при исходной шероховатости поверхности 0,7–0,9 мкм.

В ходе дальнейших исследований предполагается исследовать технологические параметры предложенных штампов, уп- рочнённых методом ЭИЛ в производст- венных условиях.

Библиографический список

1. Луценко, В. А. Выбор метода упрочнения разделительных штампов [Текст] / В. А. Луценко, О. А. Коваленко, П. В. Боровик // Сб. научн. тр. Донбасского государственного технического университета. — Алчевск : ДонГТУ, 2008. — Вып. 27. — С. 171–179.
2. Луценко, В. А. Анализ напряжённого состояния поверхности разделительного инструмента после упрочнения электроискровым легированием [Текст] / В. А. Луценко, О. А. Коваленко, П. В. Боровик // Обработка материалов давлением : сб. научн. тр. — Краматорск : ДГМА, 2011. — Вып. 1 (26). — С. 227–231.
3. Коваленко, О. А. Исследование влияния исходной шероховатости инструмента, упрочняемого электроискровым легированием, на износостойкость штампового инструмента [Текст] / Сб. научн. тр. Донбасского государственного технического университета. — Алчевск : ДонГТУ, 2011. — Вып. 35. — С. 228–234.
4. Коваленко, О. А. Анализ исходной шероховатости рабочей поверхности инструмента при упрочнении ванадием методом электроискрового легирования [Текст] / О. А. Коваленко, П. В. Боровик // Вестник Национального технического университета «ХПИ», серия «Новые решения в современных технологиях» : сб. научн. тр. — Харьков : НТУ «ХПИ», 2012. — Вып. 46 (952). — С. 66–71.
5. Боровик, П. В. Оценка механических свойств упрочнённого слоя для исследования напряжённо-деформированного состояния рабочей поверхности разделительных штампов [Текст] / П. В. Боровик, О. А. Коваленко // Обработка материалов давлением : сб. научн. тр. — Краматорск : ДГМА, 2011. — Вып. 4 (29). — С. 192–197.
6. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке [Текст] / В. П. Романовский. — Л. : Машиностроение, 1979. — 516 с.
7. Рудман, Л. И. Справочник конструктора штампов [Текст] / Л. И. Рудман. — М. : Машиностроение, 1988. — 495 с.
8. Луценко, В. А. Конечно-элементное моделирование разделительных операций листовой штамповки [Текст] / В. А. Луценко, О. А. Коваленко, П. В. Боровик // Обработка материалов давлением : сб. научн. тр. — Краматорск : ДГМА, 2011. — Вып. 3 (24). — С. 15–19.
9. Ершов, В. М. Исследование процесса ванадирования стали У8А [Текст] / В. М. Ершов, О. А. Коваленко [Текст] // Сб. научн. тр. Донбасского государственного технического университета. — Алчевск : ДонГТУ, 2005. — Вып. 20. — С. 271–278.

© Коваленко О. А.

© Куберский С. В.

© Новохатский А. М.

Рекомендована к печати к.т.н., доц., зав. каф. ОМДиМ ДонГТУ Денищенко П. Н., ст. мастером ОНРС ККЦ филиала № 12 ЗАО «Внеиторгсервис» Макаевым Е. Н.

Статья поступила в редакцию 08.06.18.

ст. викл. Коваленко О. О., к.т.н., проф. Куберский С. В., проф., д.т.н. Новохатский О. М.
(ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РОЗДІЛОВИХ ШТАМПІВ

Наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень впливу технологічних параметрів процесу зміцнення штампового інструменту на його стійкість. Запропоновано практичні рекомендації, що дозволяють підвищити стійкість розділових штамсів.

Ключові слова: розділові штампви, напружено-деформований стан, пуансон, матриця, електроіскрове легування, зміцнення, шорсткість, знос, стійкість.

Senior Lecturer Kovalenko O. A., PhD, Prof. Kuberskiy S. V., Prof., Doctor of Tech. Sc. Novohatskiy A. M. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

DEVELOPMENT OF THE RECOMMENDATION FOR INCREASING THE STABILITY OF SHEARING DIES

The theoretical and experimental studies are presented for the results of influencing the processing conditions for strengthening the die tool on its stability. There have been given practical recommendations for increasing the stability of shearing dies.

Key words: shearing dies, stress-strain state, punch, matrix, electric discharge alloying, strengthening, roughness, wear, stability.