

Мельничук А.В.

Национальная металлургическая академия Украины

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОСНАСТКИ

Показаны результаты исследований по повышению эксплуатационной надёжности посредством повышения износостойкости и срока службы восстановленной штамповой оснастки. В работе используются новейшие методы рационального анализа напряжений и методов восстановления оснастки, такие как метод конечных элементов и функционально-ориентированные технологии. Для восстановления изношенных поверхностей выбран наиболее экономичный из имеющихся методов – метод электроискрового легирования твердым сплавом с медью. На основании разработанных методик проведены промышленные испытания, подтверждающие работоспособность разработанной технологии.

Ключевые слова: штамповая оснастка, метод конечных элементов, функционально-ориентированные технологии, электроискровое легирование, ресурс, износостойкость.

Постановка проблемы. В условиях крупносерийного производства и широкой номенклатуры изделия «Хомут трубный» особенно важными факторами являются износостойкость и эксплуатационная надежность используемой штамповой оснастки. В общем объеме технической подготовки производства штампы занимают большое место и затраты на их изготовление весьма существенны [1], в изготовлении «Хомута трубного» штамповочные операции составляют более 80% трудоемкости производства всего изделия (рис. 1).



Рис. 1. Штамповая оснастка для различных конфигураций изделия «Хомут трубный»

На основе паспортных данных гибочных штампов, которые используются для изготовления изделий «Хомут трубный», были собраны данные зависимости ресурса оснастки от приложенной нагрузки, которые приведены на графике на рис. 2 (здесь реальная выработка штампов – это количество изготовленных деталей до проведения капитального ремонта или выхода штампа из строя).

Из графика следует, что реальная выработка зачастую не совпадает с планируемой, хотя и превосходит минимальную. Это значит, что ресурс штампов

используется нерационально, а эксплуатационная надежность находится на низком уровне.

В ходе изучения вышеуказанной проблемы было выявлено, что в рассматриваемых гибочных штампах наиболее подвержены износу и выходу из строя матрицы этих штампов. Как показывает опыт других исследователей, это типично для такого рода штампов, износ матрицы является самым большим и оказывает наиболее существенное влияние на точность изготавливаемых деталей, кроме того, пуансон легко ремонтируется способом перешлифовки под ремонтный размер [2].

За время работы штампов оснастка в общем и формообразующие детали в частности (матрицы и пуансоны) подвергались неоднократным ремонтными операциями. В случае с мелкогабаритными матрицами к изнашиваемым поверхностям применялась давно изученная, но устаревшая еще полвека назад методика сварки сварочными электродами типа СОРМАЙТ (ПРС-27) [3]. Кроме сварки, имело место шлифование рабочих поверхностей. Вышеприведенные ремонтные операции являются не только дорогостоящими, трудоёмкими, но и весьма время затратными по времени, в частности из-за перемещения ремонтируемой оснастки из РЕМПРИ штамповых цехов в инструментальные. Вследствие вышеизложенного на производстве встала острая необходимость разработки и внедрения более рационального метода продления срока службы штамповой оснастки, чтобы обеспечить заданные функциональные параметры надежности и ресурса гибочных штампов.

Постановка задания. Задание работы – разработать рациональный метод повышения эксплуатационной надежности штамповой оснастки на примере матрицы гибочного штампа посредством повышения её износостойкости и срока службы.

Изложение основного материала исследования.

Методика исследования по разработке рационального метода повышения эксплуатационной надежности штамповой оснастки

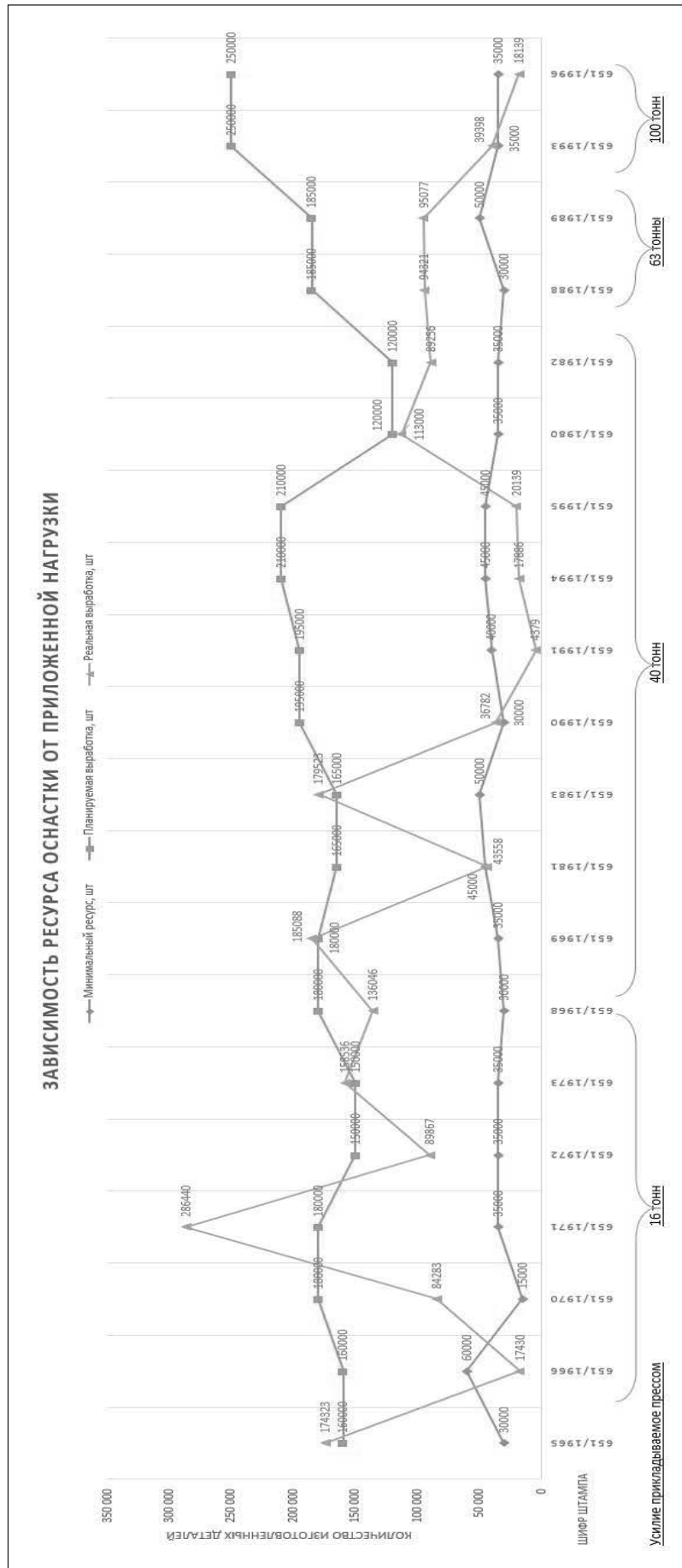


Рис. 2. Зависимость ресурса оснастки от приложенной нагрузки

В результате исследований данного вопроса на основе метода конечных элементов была создана математическая модель оценки зон критических внутренних напряжений в формообразующих деталях гибочных штампов, позволившая выявить участки критических напряжений для дальнейшего их упрочнения. Результаты, подтвержденные практическим опытом эксплуатации данной оснастки на производстве, свидетельствовали о достоверности проведенных исследований [4].

Для повышения эксплуатационной надежности был выбран метод электроискрового легирования, не требующий больших затрат по времени и финансам, а также позволяющий сформировать покрытие с необходимым комплексом механических и улучшенных коррозионных свойств при значительной экономии ценных материалов [5].

Процесс электроискрового легирования был изучен с позиций функционально ориентированных технологий, применяемых для эффективного обеспечения параметров надежности и ресурса гибочных штампов [6].

Суть метода заключается в обработке матриц, выработка на которых уже заметна, но не критична. Процент брака на таких штампах обычно превышает нормы, но зачастую они доводятся до полной выработки, вследствие чего производятся значительные ремонтные работы (сварка, шлифование), либо имеет место утилизация матрицы в лом при появлении неремонтопригодных дефектов (рис. 3).

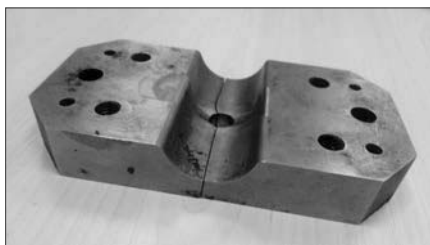


Рис. 3. Выработанная матрица

Из ранее опубликованного материала видно, что зачастую наиболее нагруженными участками гибочных матриц являются именно радиусы [4], с них начинаются сколы и трещины, об этом свидетельствуют и материалы других исследователей, работы которых посвящены идентичным операциям гибки [7].

Своевременное нанесение электроискрового покрытия на участки критического износа матрицы, выявленные методами анализа структуры в современном программном обеспечении, при соразмерности толщины упрочняющих и защитных покрытий с величиной критического износа объектов электроискровой обработки [8] позволит увеличить эксплуатационную надежность и износостойкость штамповой оснастки в целом.

Нанесение покрытия

Обмер изношенной матрицы показал, что износ формообразующих радиусов матрицы

составляет 250 мкм, следовательно, толщина покрытия должна равняться данному значению.

Были проведены предварительные исследования по выявлению оптимального комплексного покрытия путем перебирания различных режимов электроискрового легирования и комбинаций материалов. При выборе оптимального покрытия учитывались время покрытия и стоимость расходных материалов. Данные по подбору режимов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Режимы электроискрового легирования на образцах из 9ХС

№ зоны поверхности образца	Режимы работы прибора, А	Материал напыления
1	0,8+2+0,8	T15K6
2	2	BK8
3	0,8	Cu+T15K6
4	2	Cu+BK8
5	2+0,8	BK8+T15K6
6	0,8+2	T15K6+BK8

На рисунке 4 показаны фотографии участков образцов, покрытые при различных режимах электроискрового легирования. Фотографии сделаны на микроскопе Micron Alpha. С помощью данного оборудования графически определяется разница между размерами пор в нанесенном покрытии, 4 пикселя равняются 1 микрометру, рисунок 4.

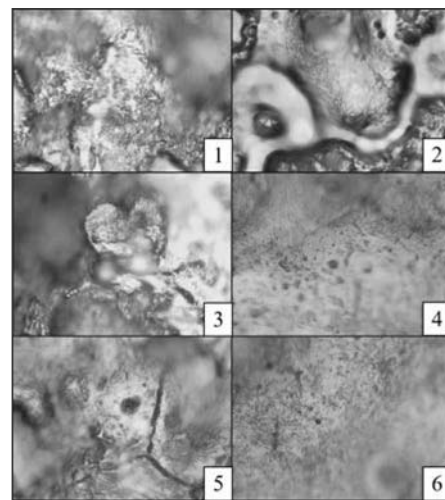


Рис. 4. Зоны электроискрового легирования

Появление пор может быть вызвано рядом причин, среди которых при нанесении покрытий выделяют выход дислокаций на поверхность. Это приводит к образованию рыхлот, ухудшающих качество диффузионных покрытий. Эти дефекты могут являться источником разрушения покрытия при статических и особенно знакопеременных нагрузках. Расчеты показывают, что при превращении рыхлот в микротрещины их длина оказывается больше критической, что инициирует хрупкое разрушение. С увеличением количества пор, а также

их размеров возрастает вероятность появления трещин, сколов и прочих поверхностных дефектов, что ведет к потере устойчивости нагруженного твердого тела. Из вышеизложенного следует, что связь между размером пор в наносимом покрытии и его трибологическими свойствами во время контакта покрытия с поверхностью обрабатываемой детали носит обратно пропорциональный характер: чем больше поры, тем хуже трибологические свойства, а значит, меньше устойчивость нагруженного твердого тела.

В результате перебора различных режимов работы электроискрового оборудования, исходя из малого размера пор и их равномерной концентрации по поверхности, следует, что наиболее приемлемый состав покрытия представлен на изображении под № 4 рисунка 4. В связи с этим была разработана схема нанесения комплексного покрытия из вольфрамокобальтового твердого сплава ВК8 для восстановления геометрии и упрочнения данной детали штампа, а также меди для улучшения трибологических характеристик рабочей поверхности матрицы (табл. 2).

Таблица 2

Режимы покрытия

№ п/п режима	Наносимый материал	Сила тока, А	Толщина покрытия, мкм
1	ВК8	2	150
2	ВК8	1	70
3	Сu	1	30

Покрытие наносилось на наиболее нагруженную поверхность вышедшей из строя матрицы (рис. 5), согласно параметрам, указанным в методике исследования данной статьи.

Твердый сплав ВК8 имеет высокую прочность, хорошее сцепление покрытия и материала основы, обеспечивает отсутствие нагрева всей детали в процессе обработки (что не влияет на основную структуру металла), обладает высокой микротвердостью и износостойкостью [9]. Твёрдость основного материала матрицы 9ХС, являющегося подложкой при электроискровом легировании, была измерена на твердомере 2140TP и составила 60 HRC.

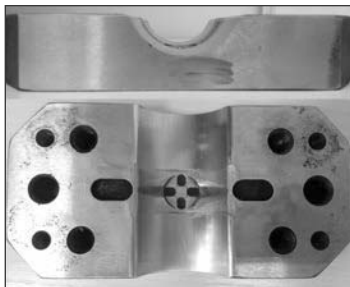


Рис. 5. Матрица с покрытием

Микротвердость нанесенного слоя карбида вольфрама ВК8 измерялась на микротвердомере ПМТ-3М (рис. 6) и была рассчитана по формуле:

$$H_N = \frac{1,8544 \cdot P}{d^2}, \quad (1)$$

где P – приложенная нагрузка, d – диагональ полученного прямоугольника после вдавливания алмазной пирамидки.

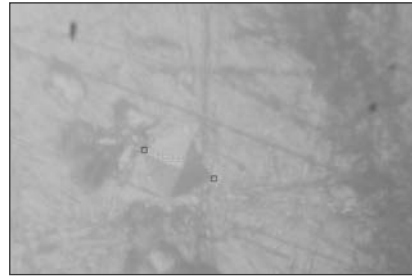


Рис. 6. Измерение твердости нанесенного покрытия

Расчет показал, что микротвердость нанесенного карбида вольфрама ВК8 равняется 1400 HV, что эквивалентно 72 HRC. Данное повышение твердости поверхности матрицы, несомненно, оказывает влияние на её эксплуатационную надежность и износостойкость.

Медь же наносилась для улучшения трибологических свойств формообразующей поверхности, доказано, что при нанесении медных или бронзовых покрытий толщиной более 10 мкм на восстановленный слой сервоитная пленка может образовываться в течение времени, превышающего ресурс нового сопряжения, тем самым обеспечивая для отремонтированного узла ресурс не ниже, чем у нового узла [10].

Результаты промышленных испытаний

Обработанная матрица была установлена на рабочий штамп, который отработал заложенный по паспорту цикл в 35 000 деталей (рис. 5). Детали прошли контроль, процент брака не превысил допустимое значение, что позволило сделать вывод о работоспособности восстановленной матрицы и штампа в целом.

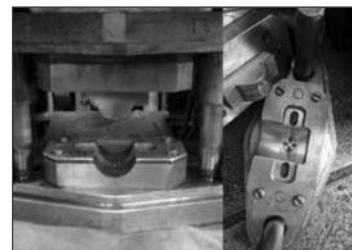


Рис. 7. Восстановленная матрица в штампе

Выводы. Были проанализированы прогрессивные пути восстановления формообразующих поверхностей штамповой оснастки. Разработана

технология, базирующаяся на современных методах анализа и экономичной обработке электроискровым легированием. В результате применения рассматриваемой технологии были восстановлены формообразующие поверхности матрицы гибочного штампа. Проведены промышленные испытания рассматрива-

емого штампа, полученные детали прошли контроль и были признаны годными. Таким образом, ресурс работы штампа при использовании разработанной технологии увеличился, при этом технология является гораздо более дешевой и менее затратной по времени, в сравнении с имеющейся на производстве.

Список литературы:

1. Ямникова О.А., Якимович Е.Н. Функционально-стоимостной анализ конструкции штампа. Известия ТулГУ. Технические науки. 2009. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionalno-stoimostnoy-analiz-konstruktsii-shtampa> (дата звернення: 20.09.2018).
2. Серёжкин М.А., Мельников Э.Л. Разработка технологии повышения стойкости крупногабаритных матриц штампов. Известия МГТУ. 2014. № 1 (19). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-povysheniya-stoykosti-krupnogabaritnyh-matrits-shtampov> (дата звернення: 20.09.2018).
3. Самылов В.А. Использование сплавов типа сормайт для штампов. Известия ТПУ. 1961. № 2. С. 99–101.
4. Мельничук А.В., Гришин В.С., Морозенко Е.П. Разработка математической модели оценки зон критических внутренних напряжений в формообразующих деталях гибочного штампа. Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. 2016. Вип. 50 (1222). С. 133–136.
5. Верховуров А.Д., Лунева В.П. Зависимость химического, фазового состава и свойств электроискровых покрытий от состава легирующих материалов. Металлообработка. 2011. № 4 (64). С. 19–21.
6. Мельничук А.В., Гришин В.С., Морозенко Е.П., Трунов Ю.Н. Условия эффективного обеспечения параметров надежности и ресурса гибочных штампов. Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. 2017. Вип. 33 (1255). С. 94–98.
7. Галимов Э.Р., Абдуллин И.А., Беляев А.В., Сироткина Л.В. Методы восстановления изношенных элементов штампов. Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-vostranovleniya-iznoshennyh-elementov-shtampov>. (дата звернення: 20.09.2018).
8. Иванов В.И., Бурмукулов Ф.Х. Упрочнение и увеличение ресурса объектов электроискровым методом: классификация, особенности технологии. ЭОМ. 2010. № 5 (265). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uprochnenie-i-uvelichenie-resursa-obektov-elektroiskrovym-metodom-klassifikatsiya-osobennosti-tehnologii> (дата звернення: 20.09.2018).
9. Коротяев Д.Н., Алимбаева Б.Ш. Повышение эффективности восстановления стальных деталей методом электроискрового легирования. Вестник СибАДИ. 2012. № 5 (27). С. 30–34.
10. Бурмукулов Ф.Х., Иванов В.И., Вашкеба С.В. Электроискровые технологии для восстановления изношенных деталей тестоделителей. ЭОМ. 2005. № 1. С. 32–36.

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ОСНАЩЕННЯ

Показані результати досліджень щодо підвищення експлуатаційної надійності за допомогою підвищення зносостійкості і терміну служби відновленого штампового оснащення. У роботі використовуються новітні такі методи раціонального аналізу напружень і методів відновлення оснащення, як метод кінцевих елементів і функціонально-орієнтовані технології. Для відновлення зношених поверхонь обраний найбільш економічний із наявних методів – комбінований метод електроискрового легування твердим сплавом із міддю. На підставі розроблених методик проведені промислові випробування, що підтверджують працездатність розробленої технології.

Ключові слова: штампи, метод кінцевих елементів, функціонально-орієнтовані технології, електроіскрове легування, ресурс, зносостійкість.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR IMPROVING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF EQUIPMENT

The article shows the research results of increase of operational reliability by increasing the wear resistance and service life of the restored die tooling. The importance of die stamp tooling is shown from the industrial point of view of considered parts. This work shows statistic of work of die stamp variety. In the paper are used the latest methods of rational stress analysis and tool recovery methods, such as the finite element method and functionally oriented technologies. To restore worn surfaces was chosen the most economical method of electric-spark doping with a copper hard alloy. Industrial tests were conducted on the base of the developed methods. Parts, which were produced with treated tools, has passed control procedure. We summary that matrix and die stamp are working well therefore it confirms the working capacity of the developed technology.

Key words: Die stamp tooling, finite element method, functionally oriented technologies, electric-spark doping, resource, wear resistance.