

**Список литературы:** 1. Пригоровский Н.И. Методы и средства определения полей деформаций и напряжений: Справочник / Н.И. Пригоровский. – М.: Машиностроение, 1983. – 248 с. 2. Анализ пластического формоизменения в частных задачахковки и штамповки / В.А. Гринкевич, В.В. Кухарь, М.В. Краев, В.А. Бурко. – Мариуполь: ЗАО «Газета «Приазовский рабочий», 2011. – 336 с. 3. Использование цифровых технологий для развития геометрического метода исследований деформированного состояния металлов / Ю.А. Плеснецов, О.И. Тришевский, С.Ю. Плеснецов // Черные металлы. – 2011. – апрель. – С. 22–25. 4. Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements / M.A. Sutton, J.J. Orteu, H. Schreier // University of South Carolina, Columbia, SC, USA, 2009. – 364 p. 5. Экспериментальное исследование закономерностей деформирования и разрушения материалов при плоском напряженном состоянии / В.Э. Вильдеман, Т.В. Третьякова, М.П. Третьяков // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2010. – № 5. – С. 106-111. 6. Вольф В.М. Бесконтактное 3D-измерение динамических процессов с помощью быстродействующих камер / В.М. Вольф // Черные металлы. – 2010. – январь. – С. 60–62.

Надійшла до редколегії 28.10.2013

УДК 621.73.011:004.932

**Применение методов цифровой обработки изображений для измерений в процессах ОМД / Федосов А. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 42 (1015). – С. 174-179. Библиогр.: 6 назв.**

Розглянуті сучасні безконтактні методи вимірювання геометричних параметрів об'єктів в процесі їх деформації. Представлений новий метод визначення полів деформації в поперечному перерізі об'єкту. Новий метод ґрунтований на обробці серії фотознімків зроблених в процесі деформації об'єкту. Розглянуті основи методів безконтактного виміру площинності.

**Ключові слова:** обробка металів тиском, поле деформацій, площинність, цифрове зображення, точність вимірювань.

The modern non-contact methods of objects' geometrical parameters measurement in the process of their deformation are considered. A new method for strain fields determining in the cross section of the object is presented. This method is based on processing a series of photos made in the course of object deformation. The fundamentals of methods of flatness contactless measurement are considered.

**Keywords:** metal forming, strain field, flatness, digital image, precision of measurement.

УДК 621.979.073

**Е. А. ФРОЛОВ**, докт .техн. наук, проф., ПНТУ, Полтава;  
**С. И. КРАВЧЕНКО**, канд .техн. наук, проф., ПНТУ, Полтава;  
**О. В. БОНДАРЬ**, аспирант ПНТУ, Полтава.

## **К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЫРУБНЫХ ШТАМПОВ.**

В материале статьи представлены результаты исследований по оптимизации технологии нанесения износостойких покрытий на основе электроискрового ледирования поверхности вырубных штампов для операции листовой штамповки. Использование полученных результатов по определению оптимальных режимов упрочнения данным методом при внедрении позволили повысить стойкость оснастки для разделительных операций листовой штамповки в 3-5 раз.

**Ключевые слова:** технология, штамповка, лист, жидкость, эластичная среда, формовка, возможности.

**Введение.** Экономическая целесообразность применения холодной листовой штамповки тесно связана со стоимостью штампов и их стойкостью.

Повышение стойкости штамповой оснастки, особенно для разделительных операций – одно из основных условий повышения рентабельности работы штампового производства машиностроительных предприятий. Это, в свою очередь, обеспечивает снижение себестоимости изготавливаемых изделий, так как в среднем затраты на изготовление штамповой оснастки составляют около 10-15 % от общей себестоимости изготавливаемой продукции в различных отраслях машиностроения.

Повышение работоспособности штамповой оснастки зависит от прочности и износостойкости поверхности рабочих элементов штампов, а это, в свою очередь, определяется исходными свойствами поверхностных слоёв пуансона и матрицы. Известны различные методы создания упрочняющих и износостойких покрытий на поверхности инструментальных штампов, такие как: термическая, химико-термическая, электроискровая, лазерная и другие методы [1 – 3].

Значительный интерес для методов листовой штамповки эластичной средой или жидкостью, где для операций тонколистовой пробивки-вырубки используются плоские шаблоны [4], представляет метод электроискрового легирования (ЭИЛ), как универсальный способ получения качественных легированных слоёв. Основное преимущество этого метода – в возможности создания упрочнённого покрытия с высокой прочностью зацепления его с основой детали.

Однако недостаточно существует данных по факторам влияния ЭИЛ на стойкость режущих кромок тонких элементов штампов (вырубной шаблон), которая связана в основном со сложностью выбора режимов и параметров их упрочнения.

**Цель исследования.** Определить наиболее рациональные режимы ЭИЛ для получения износостойких покрытий с улучшенными эксплуатационными свойствами для операции пробивки-вырубки тонколистовых материалов подвижными средами (эластичная среда и жидкость).

**Основной материал.** Стойкость инструмента, упрочнённого ЭИЛ, в значительной степени зависит от режима процесса ЭИЛ – энергетических и частотных параметров процесса.

При исследовании упрочнения вырубных шаблонов из быстрорежущей стали Р6М5 твёрдым сплавом ВК8 на установке ЭФИ проведена оптимизация режимов процесса легирования с использованием энергетических и частотных параметров процесса: силы тока  $I$ , ёмкости заряда  $C$ , частоты импульсов  $T$ .

После проведения предварительных экспериментов получены зависимости шероховатости  $Ra$  покрытия от следующих параметров процесса упрочнения:

от силы тока  $Ra = 1,331 + 0,0247I$ ;

от ёмкости  $Ra = 0,56677 + 1,586 C$ ;

от частоты импульсов  $Ra = 1,533 + 0,0023 T$ .

Наибольшее влияние на шероховатость поверхности оказывает: ёмкость (коэффициент при  $C=1,585$ ), меньшее – сила тока и частота импульсов (коэффициенты 0,0247 и 0,0023), соответственно.

Зависимость шероховатости поверхности от силы тока, емкости и частоты импульсов  $Ra=f(I, C, T)$  хорошо аппроксимируется линейными уравнениями, следовательно, можно построить линейную модель, описывающую зависимость  $Ra=f(J, C, f)$  и найти оптимальный режим с точки зрения получения минимальной шероховатости поверхности.

С этой целью был поставлен эксперимент, учитывающий влияние следующих факторов (см. табл.)

Таблица. Зависимость шероховатости поверхности от силы тока, емкости и частоты импульсов

Факторы	Кодовое обозначение	Уровни факторов		
		+1	0	-1
$V$ – скорость движения электрода, мм/с	$X_1$	1,00	0,60	0,20
$n$ – число проходов	$X_2$	6,00	4,00	2,00
$T$ – длительность цикла, мкс	$X_3$	20,00	12,30	5,00
$C$ – ёмкость, мкФ	$X_4$	1,00	0,61	0,22
$I$ – сила тока, А	$X_5$	16,00	9,60	3,20

$$Ra = 1,44 - 0,1123X_1 + 0,10795X_2 + 0,2X_4 + 0,186X_5 + 0,0128X_1X_2 - 0,0623X_1X_3 + 0,0519X_1X_4 - 0,0079X_1X_5 + 0,0713X_2X_3 - 0,0529X_2X_4 + 0,0118X_2X_5 - 0,049X_3X_4 + 0,0918X_3X_5 - 0,03775X_4X_5.$$

После оценки статистической значимости коэффициентов уравнение принимает следующий вид:

$$Ra = 1,44 - 0,1123X_1 + 0,10795X_2 + 0,2X_4 + 0,186X_5 + 0,0918X_3X_5.$$

Значимость коэффициентов при парном взаимодействии  $X_3X_5$  свидетельствует о неадекватности частной модели. Из полученного уравнения видно, что изменение длительности импульсов не оказывает влияния на шероховатость поверхности. Наиболее сильно влияет изменение емкости, затем силы тока и число проходов.

С точки зрения получения минимальной шероховатости поверхности необходимо пользоваться минимальными энергетическими параметрами режима напыления:  $C=0,22$  мкФ,  $I=3,2$ А,  $n=2$  – число проходов и максимальной скоростью перемещения стола, позволяющей получать покрытия необходимой плотности и прочности сцепления с основой.

Но, так как с уменьшением энергетических параметров падает массоперенос электрода и уменьшается толщина наносимого покрытия, то для получения качественной поверхности на детали инструмента необходимо устанавливать значение ёмкости заряда не более 0,45 мкФ, увеличивая при

этом силу тока до 14,4-16,0 А и используя максимальную частоту и длительность импульсов, при скорости перемещения электрода 0,6-0,8 м/с.

**Выводы.** Проведенные исследования позволили определить оптимальные режимы процесса упрочнения рабочих элементов вырубных штампов методом ЭИЛ. Стойкость вырубных шаблонов повысилась в среднем в 5 раз при статическом деформировании и в 3 раза при динамическом. Повышения износостойкости режущих кромок инструмента достигнуто в результате улучшения механических и физических свойств материала, условий трения по контактными поверхностям, жёсткости поверхности и условий смазки за счёт использования разработанных нами режимов процесса упрочнения.

**Список литературы:** 1. *Иванов Г.П.* Упрочнение разделительных штампов покрытиями дискретной структуры / Сорока Е.Б., Титов В.А., Ляшенко В.А., Герасимова О.В. // Вісник НТУУ ХП машинобудування, Вип. 52, Київ, 2008, с. 341-351. 2. *Михайленко Ф.Л.* Способы повышения стойкости разделительных штампов/ КШП, обработка металлов давлением, 1982 №1, с.60-65. 3. *Савчук К. А.* Повышение износостойкости штампа холодного деформирования. Савчук К.А. Некрасов В.М // кн. Технология и организация производства – Киев, 1979 –№4 – с.31 4. *Фролов Е. А.* Пневмоударная и статикодинамическая штамповка сложнодеформируемых листовых деталей упругими средами. Монография. Харьков. 2010 г. – 286с.

*Надійшла до редколегії 30.10.2013*

УДК 621. 979. 073

**К вопросу оптимизации нанесения износостойких покрытий для улучшения эксплуатационных свойств вырубных штампов // Фролов Е. А. , Кравченко С. И. , Бондарь О. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія : Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2013. – № 42 (1015). – С. 179–182. Бібліогр.: 4 назв.**

У матеріалі статті представлені результати досліджень з оптимізації технології нанесення зносостійких покриттів на основі електроіскрового ледірованія поверхні вирубних штамів для операції листового штампування. Використання отриманих результатів з визначення оптимальних режимів зміцнення даним методом при впровадженні дозволили підвищити стійкість оснащення для розділових операцій листового штампування в 3-5 разів..

**Ключові слова:** технологія, штампування, лист, рідина, еластичне середовище, формовка, можливості.

The article presents the results of research articles on optimization technology wear-resistant coatings on the basis of electro-ledirovaniya surface cutting dies for sheet metal forming operations. The use of the results to determine the optimum conditions for strengthening the implementation of this method have improved resistance equipment f or the separation of operations stamping of 3-5.

**Keywords:** technology, stamping, liquid, elastic medium, forming , opportunities .

УДК 621.762

**О. І. ХОМЕНКО**, канд. техн. наук, с.н.с., ІПМ НАНУ, Київ;

**Г. А. БАГЛЮК**, докт. техн. наук, заст. директора, ІПМ НАНУ, Київ.

### **МОДЕЛЮВАННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ЗАГОТОВКИ З КОНІЧНОЮ ЗАПАДИНОЮ В ЗАКРИТОМУ ЖОРСТКОМУ ШТАМПІ**

Розглянуто вплив конічної западини у циліндричній заготовці на густину деталі при моделюванні ущільнення у циліндричній жорсткій матриці. Показано, що за рахунок інтенсивної деформації зсуву при ущільненні можна очікувати більш високої густини деталі. Зобр.: 4, Бібліогр.: 2 назв.