

В.В. Кухар, к.т.н., проф., Р.С. Ніколенко, магістр, інженер
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМОЗМІНИ ВІДНОСНО ВИСОКИХ ЗАГОТОВОК ПРИ ОСАДЖУВАННІ ОПУКЛИМИ ПЛИТАМИ З ЕКСЦЕНТРИСИТЕТОМ НАВАНТАЖЕННЯ

Виконано скінчено-елементне моделювання профілювання відносно високих заготовок осаджуванням випуклими плитами з ексцентриситетом навантаження. Отримані графіки залежностей показників формозміни профільованої заготовки від ступеня обтиснення при фіксованому ексцентриситеті навантаження та різних величинах відношення радіуса опуклості плит до діаметра заготовки.

Ключові слова: висока заготовка, профілювання, осаджування, опуклі плити, ексцентриситет, формозміна.

V.V. Kukhar, Ph.D., Professor, R.S. Nikolenko, M.Sc., Engineer
SHEI «Priazovskyi State Technical University», Mariupol

SIMULATION OF THE FORM CHANGING OF RELATIVITY HIGH WORKPIECES DURING UPSETTING BY CONVEX PLATES WITH ECCENTRICITY OF THE LOAD

Finite element simulation of profiling of upsetting of relativity high billets by convex plates with eccentricity of the load was executed. Graphics of depending of form-changing indexes of profiled work-piece from degree of upsetting with fixed eccentricity of the load and different relations of radius of convexity plates to diameter of the work-piece were obtained.

Keywords: high billet, profiling, upsetting, convex plates, eccentricity, form-changing.

УДК 621.979

Ю.П. Бородий, ассист., В.А. Маковей, к.т.н., доц.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ИЗНОСОСТОЙКОГО СЛОЯ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ШТАМПОВ

В материалах статьи приведены результаты экспериментальных исследований влияния различных комбинированных методов поверхностного упрочнения рабочих элементов штампов для разделительных операций. Определены наиболее оптимальные режимы их обработки на основе поверхностного пластического деформирования шариком и электроискровым легированием различных материалов режущих кромок оснастки.

Ключевые слова: штамп, поверхностное упрочнение, комбинированное упрочнение, электроискровое легирование, поверхностное пластическое деформирование (ППД).

Актуальность проблемы. В современных условиях рыночной экономики повышается спрос на конкурентоспособную промышленную продукцию, современные технически совершенные изделия. Это требует систематического и быстрого их внедрения в производство, повышения производительности и качества изделий.

Одним из основных путей повышения производительности труда в металлообрабатывающей промышленности является применение холодной листовой и объемной штамповки — наиболее прогрессивных методов обработки металлов давлением.

Экономическая целесообразность применения холодной штамповки тесно связана со стоимостью штампов, приходящейся на единицу изделия, величина которой в основном обусловлена их стойкостью. Высокая стойкость штампов — главное условие рентабельности работы штамповочных цехов. От нее в значительной степени зависят качество и себестоимость штампованных изделий. Первоначальные затраты на штамповочный инструмент составляют около 15...25 % от общей себестоимости продукции. Нужно также учитывать тенденцию к удорожанию инструментальных и штамповых сталей.

Достижение высокой прочности и износостойкости поверхности рабочих деталей штампов в большой степени зависит от исходных свойств поверхностных слоев, сформированных при их изготовлении с помощью упрочняющих технологий — термической, химико-термической, электроискровой, лазерной и др.

Значительный интерес для практики представляет метод электроискрового легирования (ЭИЛ) [1]. Основные преимущества метода заключаются в возможности переноса на обрабатываемую поверхность материалов высокой твердости (твердых сплавов), в высокой прочности сцепления упрочненного слоя с основанием, нанесении покрытия без заметной деформации деталей.

Постановка задачи исследований. Значительные преимущества имеют технологии комбинированного упрочнения режущих элементов штампов с сочетанием электрофизических, механических, химико-термических, термических и других методов [2]. С помощью комбинированного упрочнения появляется возможность создания многослойных износостойких покрытий на поверхности деформирующего инструмента. При этом удается в значительной мере преодолеть недостатки каждого отдельного метода упрочнения и управлять свойствами покрытия.

Целью работы явилось проведение экспериментальных исследований особенностей формирования поверхностного износостойкого слоя рабочих элементов штампов с использованием комбинированных методов поверхностного упрочнения (ЭИЛ и ППД).

Основной материал и результаты. В работе предлагаются для исследования следующие комбинированные методы поверхностного упрочнения:

- 1). Электрофизические методы и поверхностное пластическое деформирование:
 - ППД + ЭИЛ твердосплавным электродом + ППД;
 - ППД + ЭИЛ + ППД + ЭИЛ медью;
 - многократное нанесение покрытия ЭИЛ + ППД + ЭИЛ + ППД (до 4 проходов).
- 2). Сочетание различных видов электроискрового легирования:
 - ЭИЛ графитовым электродом, следующее ЭИЛ твердосплавным электродом, ЭИЛ графитовым электродом и ЭИЛ медным электродом;
 - нанесение покрытия в несколько слоев путем проведения ЭИЛ различными режимами;
 - периодическая обработка ЭИЛ в процессе износа режущих кромок при работе штампа.

При этом проводилось сравнение стойкости режущих кромок с покрытием нитридом хрома. В ходе выполнения работы были проведены исследования основных технологических параметров процесса ЭИЛ с вибрацией электрода, от которых зависит его эффективность, а также влияние на стойкость комбинированных покрытий. При этом установлены следующие оптимальные их значения:

- удельное время обработки составляет 1–2 минуты на один квадратный сантиметр упрочняемой поверхности;
- ток в импульсе разряда составляет 45...55 А;
- глубина упрочненного слоя составляет около 0,2 мм.

На рис. 1 приведена зависимость микротвердости от удельного времени ЭИЛ с вибрацией электрода на глубине 50 мкм от поверхности. На рис. 2 приведено распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя на стали У7 (удельное время ЭИЛ 2 мин/см²).

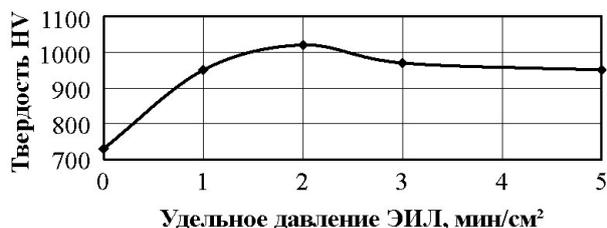


Рис. 1. Зависимость микротвердости от удельного времени ЭИЛ (глубина 50 мкм)

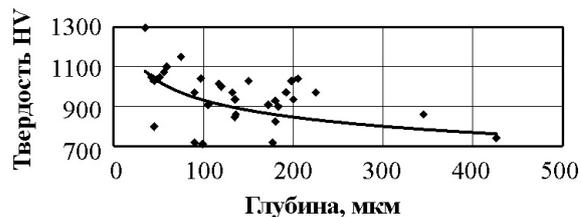


Рис. 2. Измерение микротвердости стали У7 (удельное время ЭИЛ 2 мин/см²)

Другой составляющей комбинированного упрочнения является процесс поверхностного пластического деформирования. В ходе исследований упрочненного слоя при ППД путем обкатки роликом или шариком было установлено, что его толщина составляет 0,2...0,24 мм. При этом экспериментально подтверждено, что оптимальное количество переходов составляет 3...5.

Упрочнение поверхности отожженной стали ШХ15 различными способами, в том числе комбинированными, и исследования микротвердости упрочненного слоя позволили сравнить их эффективность. Так, ППД (прессование на 0,3 мм по диаметру) дает повышение микротвердости с HV 194...206 до HV 250...280; ЭИЛ — до HV 700...750, а лучший результат удается получить при комбинированных методах упрочнения — сочетание ППД и ЭИЛ (повышение микротвердости до HV 800...830), а также ПДД с ЭИЛ и последующим ППД (повышение микротвердости до HV 900...920).

Для оценки достоверности результатов в работе рассмотрены следующие способы ППД кольцевого образца: прессованием образца с внешним диаметром, большим диаметра матрицы, и изменяющимся в экспериментах (больше диаметра матрицы на 0,3 мм и 0,6 мм) и обкатка шариком диаметром 10 мм за 3...4 перехода с переменным усилием на шарике.

Первый способ дает возможность моделировать разный уровень остаточных напряжений на поверхности. Второй способ имеет практическое применение, и позволяет многократно пластично деформировать рабочую поверхность до и после ЭИЛ твердосплавным электродом на универсальном оборудовании. При этом для исследований были использованы стали разных классов: ШХ15, У7 и стали 45 (в отожженном и закаленном состояниях).

Пластическое деформирование прессованием приводит к увеличению твердости вблизи поверхности в случае прессования образца диаметром 39,3 мм — в 1,25 раза, а в случае прессования образца диаметром 39,6 мм — в 1,38 раза (рис. 3).

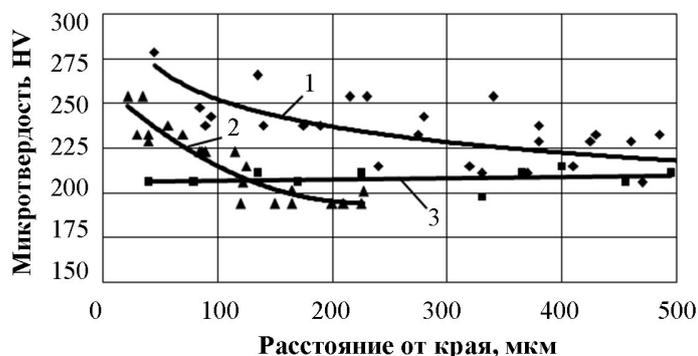


Рис. 3. Влияние поверхностного пластического деформирования прессованием на твердость стали ШХ15 отожженной (HV 198...211):

1 – прессование заготовки диаметром 39,6 мм; 2 – прессование заготовки диаметром 39,3 мм; 3 – образец без обработки

В дальнейшем проводили ЭИЛ образца диаметром 39,3 мм, прессование, а затем ЭИЛ, что увеличивает твердость на расстоянии от края 30...50 мкм до значений HV 500...520 (рис. 4).

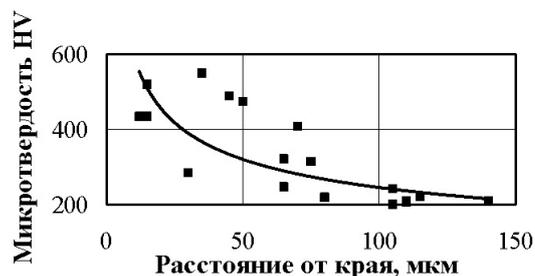


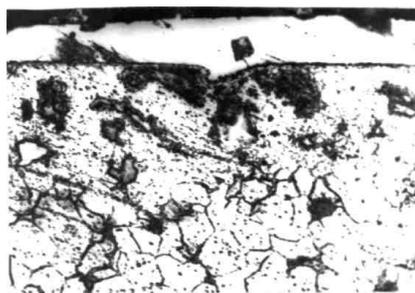
Рис. 4. Влияние комбинированной обработки (ППД прессованием, ЭИЛ и последующее ППД) на твердость отожженной стали ШХ15 (HV 194...206)

Электроискровое легирование цилиндрических поверхностей проводилось при использовании мягкого режима (сила тока в импульсе разряда — 35...40 А).

При многократном повторном легировании по технологии: предыдущее ППД обкатыванием шариком – ЭИЛ твердым сплавом – ППД обкаткой шариком – ЭИЛ твердым сплавом – ППД обкатыванием шариком возникают закаленные участки из слоевой структуры из закаленных и несколько раз перезакаленных объемов, в которых повышенный состав карбидов вольфрама и линз (рис. 5).



а) ×1000



б) ×500

Рис. 5. Структурные изменения поверхностного слоя при ЭИЛ твердым сплавом высокоуглеродистой стали (*а*) и малоуглеродистой стали (*б*)

При пластическом деформировании поверхностного слоя происходит деформирование, измельчение и образование вторичных структур, которые состоят из перенесенных карбидов и основного материала. Обкатка шариком, а затем ЭИЛ дает возможность проведения повторного ЭИЛ, увеличивает толщину упрочненного слоя и его плотность. В случае высокоуглеродистых сталей многократное ЭИЛ и обкатку шариком проводят до закалки.

Предварительно были проведены исследования поверхностного пластического деформирования цилиндрических образцов диаметром 40 мм из стали 45 (HV 414...420) обкаткой шариком. При этом исследовали влияние величины усилия, приложенного к шариком, и количество переходов на твердость, которую измеряли микротвердомером ПМТ-3. Результаты исследований подобные данным, полученным при прессовании образцов из отожженной стали ШХ15. Установлено увеличение твердости в 1,25...1,5 раза после обкатки за 4 перехода с различным усилием. Увеличение количества переходов до 8 не приводит к увеличению твердости на поверхности.

Влияние комбинированной обработки (ППД шариком за 4 перехода, механизированное электроискровое легирование в мягком режиме (сила тока в импульсе разряда — 35...40 А), ППД шариком за 4 перехода) изучали на цилиндрических образцах диаметром 40 мм из стали 45 (HV 414...420). Установлено увеличение твердости в 2...2,5 раза (рис. 6).

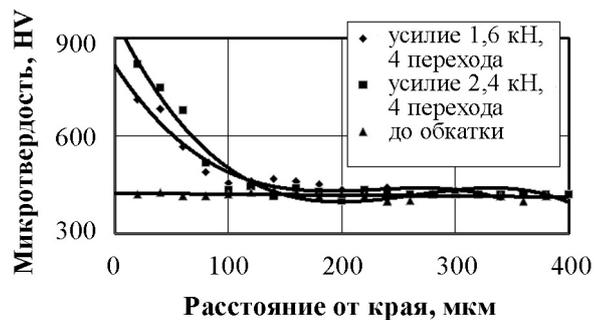


Рис. 6. Влияние комбинированной обработки (ППД + ЭИЛ + ППД) на микротвердость закаленной стали 45 (HV 414...420)

Выводы

1. Исследования подтвердили возможность создания новых физико-механических свойств поверхности.
2. Существует возможность увеличивать поверхностную твердость режущих кромок и изменять структуру поверхностного слоя насыщением азотом, внесением легирующих элементов и образованием аморфных включений, а тем самым повысить износостойкость рабочих элементов разделительных штампов.

Литература

1. Маковей, В.А. Влияние электроискрового легирования на износ режущих элементов штампов [Текст] / В.А. Маковей, Ю.П. Бородий // КШП. ОМД. – 2011. – № 9. – С. 30–33.
2. Одинцов, Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием [Текст]: справ. / Л.Г. Одинцов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.

© Ю.П. Бородий, В.А. Маковей

Ю.П. Бородий, асист., В.О. Маковей, к.т.н., доц.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗНОСОСТІЙКОГО ШАРУ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗДІЛЮВАЛЬНИХ ШТАМПІВ

У матеріалах статті наведені результати експериментальних досліджень впливу різних комбінованих методів поверхневого зміцнення робочих елементів штамів для розділювальних операцій. Визначено найбільш оптимальні режими їх обробки на основі поверхневого пластичного деформування кулькою та електроіскровим легуванням різних матеріалів різальних кромок оснащення.

Ключові слова: штамп, поверхневе зміцнення, комбіноване зміцнення, електроіскрове легування, поверхневе пластичне деформування (ППД).

Yu.P. Borodiy, Assistant, V.A. Makovey, Ph.D., Associate Professor

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FORMATION OF THE HARDWEARING SURFACE LAYER OF WORK ITEMS SEPARATION STAMPS

The materials of the article present the results of experimental studies of the combined effect of different methods of surface hardening of work items stamps for separation operations. Identified the most optimal modes of processing based on their surface plastic deformation by the ball and the electrospark doping of different materials cutting edge equipment.

Keywords: stamp, surface hardening, combined hardening, electrospark doping, surface plastic deformation.