

ство иностранной литературы, 1955. - 328с. **5.** Грушко О. В. Моделирование змiцнення матеріалу в процесі штампування z-подібних заготовок / О. В. Грушко, Т. І. Молодецька // Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – 2012. – № 1 (30). – С. 31–37. **6.** Грушко О.В. Особливості товстолистового штампування за схемою згину та зсуву / О.В. Грушко, Т.І. Молодецька // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування. – 2011. - №62. – С.193-197. **7.** Ильющин А.А. Пластичность / А.А. Ильющин – М.: Изд. АН СССР, 1963. – 375 с. **8** Огородников В.А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении: Учеб.пособие / В.А. Огородников. – К.: УМК ВО, 1989. – 152 с.

Надійшла до редколегії 23.10.2012

УДК 621.77.014

Деформированное состояние в условиях поперечного изгиба толстолистовой широкой заготовки / Грушко А.В., Молодецкая Т.И., Ткаченко Р.С., Гуцалюк А.В. // Вестник НТУ «ХПІ». Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №46(952) .- С. 203-212. – Бібліогр.:8 назв.

Досліджено деформований стан заготовки при поперечному згині з використанням методу кінцевих елементів. Виявлені чотири характерні стадії згину, що свідчать про нестаціонарність процесу гнуття. Встановлено, що найбільш керівний технологічний фактор, з точки зору зменшення деформації, є плече деформації. Результати моделювання методом кінцевих елементів перевіряли дослідженням трьох точкового згину широкої заготовки.

Ключові слова: деформований стан, метод кінцевих елементів, поперечний згин, крива течії.

Researched of deformation of the workpiece during bending using the finite element method. Detected four characteristics under bending, indicating unsteadiness bending process. Found that most leading technological factor, in terms of reducing the strain is shoulder strain. Simulation results finite element study tested three point bending broad piece.

Keywords: deformed state, finite element method, transverse bending, flow curve.

УДК 621.73.06-52

О. А. КОВАЛЕНКО, ст. преподаватель, ДонГТУ, Алчевск
П. В. БОРОВИК, канд. техн. наук, доц., ДонГТУ, Алчевск

АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ УПРОЧНЕНИИ ВАНАДИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

В результате обработки экспериментальных данных по определению качества поверхностных слоев стали У8А, упрочненной электроискровым легированием, получены зависимости механических свойств упрочненной поверхности, глубины, слоя от исходной шероховатости поверхности до нанесения покрытия. При проведении моделирования напряженно - деформированного состояния рабочих кромок разделительных штампов методом конечных элементов получены зависимости напряжений, возникающих на поверхности режущих кромок разделительных штампов при различной исходной шероховатости.

Ключевые слова: шероховатость поверхности, напряженно-деформированное состояние, микротвердость, модуль нормальной упругости, упрочнение электроискровым легированием, глубина слоя.

Введение. 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, в частности методами электроискрового легирования.

Одним из факторов, определяющих стойкость инструмента, принято считать в первую очередь микротвердость упрочненной поверхности, которая непосредственно зависит от микроструктуры слоя. Кроме того, в процессе эксплуатации существенное влияние на процессы изнашивания оказывает и шероховатость полученной поверхности (особенно на первых этапах приработки инструмента). Общепринятым считается тот факт, что шероховатость обработанной поверхности должна быть как можно меньше [1, 2 и др.]. Однако в работах [3, 4] авторами рассматривается вопрос о специальном создании определенной шероховатости (при нанесении рисок с определен-

ными размерами и направлением на рабочую поверхность инструмента - пуансона), что приводит к повышению стойкости.

Содержание работы. При проведении работ по упрочнению поверхности стали У8А методом электроискрового легирования ванадием на себя обратил внимание тот факт, что при достаточно низких значениях исходной шероховатости поверхности материала перед обработкой конечная шероховатость получается высокой. Затем по мере увеличения исходной шероховатости конечная шероховатость снижается до значений 4,5- 5,0 мкм, а затем снова происходит ее увеличение (рис. 1).



Рис 1. - Зависимость шероховатости упрочненной поверхности от исходной шероховатости

Это может быть связано с тем, что при высокой исходной шероховатости происходит заполнение неровностей расплавленным материалом анода. В свою очередь

© О. А. Коваленко, П. В., Боровик, 2012

на гладкой поверхности при электроискровом легировании образуются неровности, вызванные расплавлением и кристаллизацией материала анода, что приводит к ухудшению качества поверхности [5].

Таким образом, можно предположить, что при получении слоев с различной шероховатостью поверхности, различными могут быть структурные и механические характеристики упрочненной поверхности, которые влияют на формирование напряженно-деформированного состояния (НДС) рабочей поверхности инструмента в процессе выполнения разделительных операций.

Целью данной работы является исследование влияния исходной шероховатости материала, упрочняемого ванадием методом электроискрового легирования на напряженно-деформированное состояние инструмента в процессе эксплуатации с учетом формирования поверхностного слоя и его механических характеристик.

Для достижения указанной цели производилась оценка НДС инструмента, с нанесенным упрочняющим покрытием на базе моделирования методом конечных элементов. Для проведения такой оценки была разработана конечно-элементная математическая модель с использованием программного комплекса Abaqus, описание которой приведено в работах [6, 7].

При оценке НДС рабочих поверхностей пуансона и матрицы во внимание принимались:

- исходная и конечная шероховатость упрочненной поверхности;
- микротвердость поверхностного слоя и, ее распределение по всей глубине слоя;
- величины участков упрочненного слоя – нетравящейся «белой» зоны, зоны с высокой твердостью и модулем упругости и переходной зоны.

По результатам проводившихся ранее исследований [5, 8] было установлено, что величина микротвердости для разных значений шероховатости существенно отличается друг от друга (рисунок 2) и имеет максимальные значения при исходной

шероховатости – 0,7 – 0,95 мкм. Изменение микротвердости в этом случае может быть связано с качеством полученного упрочненного слоя – его сплошностью, структурой, пористостью.

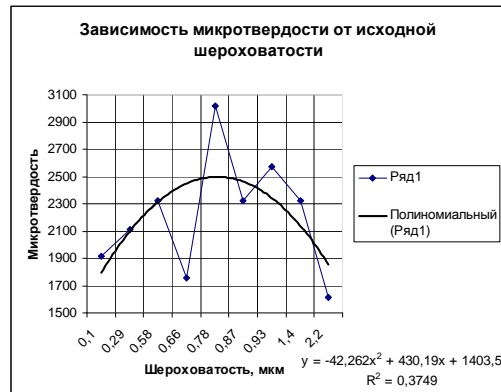


Рис 2. - Зависимость микротвердости от исходной шероховатости обрабатываемой поверхности

На процесс изнашивания оказывает влияние не только рабочая поверхность упрочненного инструмента, но и весь упрочненный слой в целом, который можно условно разбить на три участка, перечисленные выше. Структура, свойства и роль каждого из этих участков в создании НДС различны. Так, например, «белый» нетравящийся участок обладает максимальной твердостью и его функция защитить рабочую поверхность от износа на первом этапе приработки. Участок с высокой твердостью и модулем упругости замедляет износ на второй стадии – стадии замедленного износа. Для всех участков упрочненного слоя можно проследить некоторые закономерности. С одной стороны, при исходной шероховатости 0,7 – 0,95 мкм величины участков с высокой твердостью и нетравящихся участков меньше, чем при других шероховатостях. Однако для указанной шероховатости больше процент переходной зоны, в которой в процессе эксплуатации происходит частичное перераспределение напряжений, что положительно сказывается на износостойкости материала (рис. 3).

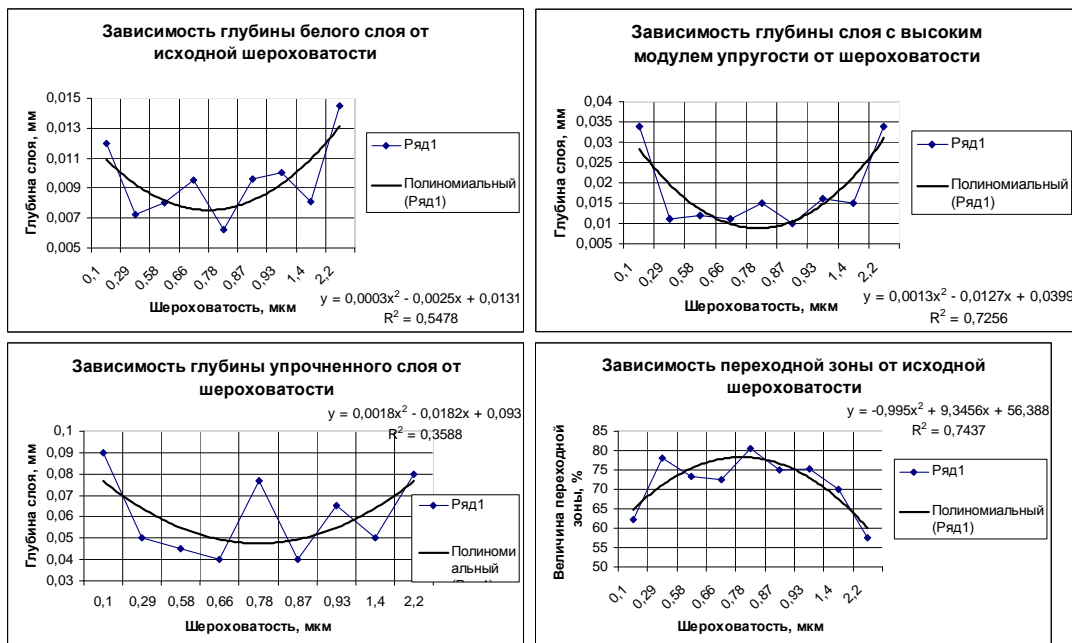


Рис 3 - Зависимость величины различных зон упрочненной поверхности от исходной шероховатости обрабатываемого материала

Перечисленные выше факторы в конечном итоге оказывают влияние на НДС поверхностных слоев рабочих кромок пуансона и матрицы при выполнении разделительных операций листовой штамповки.

Для оценки НДС рабочей поверхности разделительных инструментов (пуансона и матрицы) в различных условиях использовали показатель напряженного состояния:

$$k_{\sigma} = \frac{\sigma_i}{\sigma_T},$$

где σ_i – эквивалентное напряжение по Мизесу;

σ_T – предел текучести материала (упрочненной поверхности).

Значения предела текучести упрочненной рабочей поверхности, состоящей преимущественно из карбидов и нитридов ванадия и железа, а также твердого раствора ванадия в железе приняты прочностные характеристики твердых сплавов типа ТК [9].

Результаты оценки механических свойств упрочненного слоя и величины показателя напряженного состояния на рабочей поверхности инструментов по результатам конечно–элементного моделирования представлены в таблице 1.

В итоге наименьшие значения показателя напряженного состояния ($K_{\sigma} < 1$) на поверхности упрочненного слоя для пуансона соответствуют исходной шероховатости 0,66 - 0,9 мкм (рис. 4а), что хорошо согласуется с высокими значениями микротвердости и модуля нормальной упругости поверхностного слоя именно в указанном диапазоне исходной шероховатости, а также результатами металлографического анализа.

Значения показателя напряженного состояния на упрочненной поверхности матрицы (рис. 4б) несколько отличаются от результатов, полученных для пуансона, что может быть связано с различными условиями нагружения матрицы и пуансона в процессе разделения материала. В тоже время, следует отметить, что в том же диапазоне исходной шероховатости значения K_{σ} в упрочненном слое матрицы также близки к минимальным значениям.

Таблица 1. – Характеристики упрочненной поверхности при различной величине исходной шероховатости

Шероховатость до нанесения покрытия, мкм	Шероховатость после нанесения покрытия, мкм	Глубина белого слоя, мм	Глубина слоя с высоким модулем упругости, мм	Глубина упрочненного слоя, мм	Микротвердость поверхности, Нц	Модуль упругости поверхности, МПа	Показатель напряженного состояния на поверхности пуансона	Показатель напряженного состояния на поверхности матрицы
0,1	5,1	0,012	0,034	0,09	1918	281	0,98	0,988
0,29	6	0,0072	0,011	0,05	2110	301	1,8	0,9
0,58	5,75	0,008	0,012	0,045	2320	315	1,88	1,8
0,66	5,7	0,0095	0,011	0,04	1760	281	0,62	0,84
0,78	4,6	0,0062	0,015	0,077	3019	411	0,8	0,952
0,87	5,2	0,0096	0,01	0,04	2320	316	0,66	0,84
0,93	4,7	0,01	0,016	0,065	2568	349	0,952	0,936
1,4	7,05	0,0081	0,015	0,05	2320	316	1,36	1,16
2,2	6,45	0,0145	0,034	0,08	1610	258	1,1	1,16

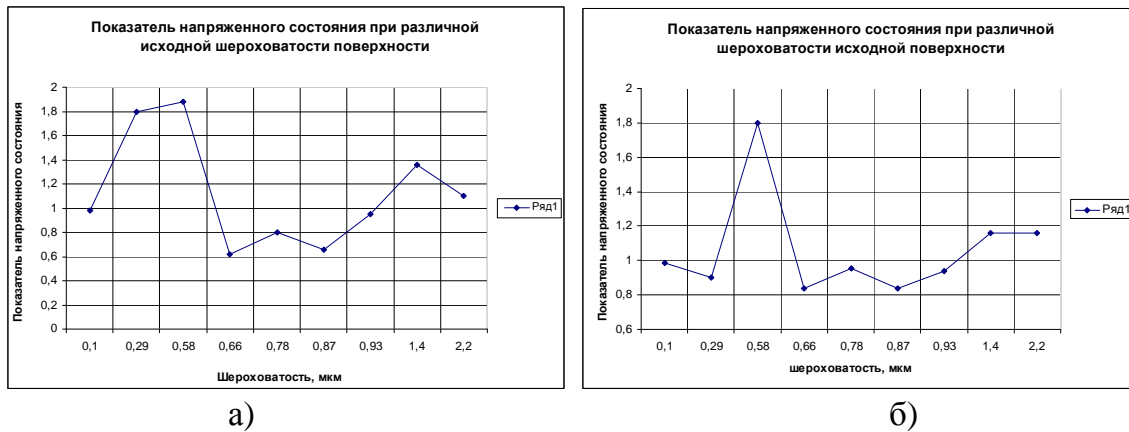


Рис. 4 – Значения показателя напряженного состояния на поверхности упрочненного слоя пуансона (а) и матрицы (б) по результатам моделирования

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.

Выводы.

1. По результатам оценки НДС инструмента, с нанесенным упрочняющим покрытием, на базе моделирования методом конечных элементов, минимальные значения показателя напряженного состояния ($K_\sigma < 1$) на поверхности упрочненного слоя соответствуют исходной шероховатости 0,7 - 0,9 мкм, что хорошо согласуется с другими характеристиками поверхностного слоя именно в указанном диапазоне исходной шероховатости.

2. 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. Данное исследование не несет законченный характер, а может служить фундаментом для последующих исследований с целью оптимизации процесса по критериям стойкости инструмента и расходу энергии.

Список литературы: 1. Мамедов З.Г., Тагиев Э.А., Каграманов И.К. Влияние поверхностного упрочнения на износостойкость рабочих деталей штампов холодного деформирования. - Кузнечно – штамповочное производство. 1980, № 4, с. 21 – 22. 2. Аксенов Л.Б., Петров В.М., Кудряшов А.Е. Повышение износостойкости штампов из стали 5ХНМ методом электроискрового легирования. - Кузнечно – штамповочное производство. 2011, № 2, с. 33 - 38. 3. Тимощенко В. А. Повышение износостойкости разделительных штампов. - Кузнечно – штамповочное производство. 2000, № 12, с. 22. 4. Тимощенко В.А., Брухис М.М. Исследование влияния шероховатости поверхности контактной зоны разделительных штампов на их износостойкость. - Вестник машиностроения. 1988, № 3, с. 44 – 47. 5. Коваленко О. А. Исследование влияния исходной шероховатости инструмента, упрочняемого электроискровым легированием на износостойкость штампового инструмента. - Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. Алчевск, 2011, № 35, с. 228 – 234. 6. Луценко В.А., Коваленко О.А., Боровик П.В. Анализ напряженного состояния поверхности разделительного инструмента после упрочнения электроискровым легированием. - Сборник научных трудов «Обработка материалов давлением». ДДМА, Краматорск, 2011, № 1 (26), с. 227 – 231. 7. Луценко В. А., Коваленко О.А., Боровик П.В. Конечно – элементное моделирование разделительных операций листовой штамповки. - Сборник научных трудов «Обработка материалов давлением». ДДМА, Краматорск, 2011, № 3 (24), с. 15 – 19. 8. Боровик П. В., Коваленко О.А. Оценка механических свойств упрочненного слоя для исследования напряженно – деформированного состояния рабочей поверхности разделительных штампов. - Сборник научных трудов «Обработка материалов давлением». ДДМА, Краматорск, 2011, № 4 (29), с. 192 – 197. 9. Киффер Р. Твердые сплавы. - М. Металлургия, 1971, 388 с.

Надійшла до редколегії 25.10.12

УДК 621.73.06-52

Анализ исходной шероховатости рабочей поверхности инструмента при упрочнении ванадием с использованием метода электроискрового легирования / Коваленко О. А., Боровик П. В. // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Новые решения в современных технологиях – Харьков: НТУ «ХПИ». -2012.-№.46(952). - С. 212-217. – Бібліограф.: 9 назв.

В результаті обробки експериментальних даних по визначенню якості поверхневих шарів сталі У8А, зміцненої електроіскровим легуванням, отримані залежності механічних властивостей зміцненої поверхні, глибини шару від початкової шорсткості поверхні до нанесення покриття. При проведенні моделювання напружено – деформованого стану робочих кромок розділових штампів методом кінцевих елементів отримані залежності напруг, які виникають на поверхні ріжучих кромок розділових штампів при різній початковій шорсткості.

Ключові слова: шорсткість поверхні, напружено – деформований стан, мікротвердість, модуль нормальної пружності, зміцнення електроіскровим легуванням, глибина шару.

As a result of experimental data processing for determination the quality of superficial layers for steel grade У8А hardened by the electric spark alloying, there were obtained the relations of mechanical properties of the hardened surface, depths of layer depending on the initial roughness of surface up to over coating. When modeling the stress-strain state of working edges of dividing stamps using the method of finite elements the stress relation curves are obtained which appear on the surface of cutting edges of dividing stamps at different initial roughness.

Keywords: roughness of surface, tensely-deformed state, microhardness, module of normal resiliency, work-hardening electric spark alloying, depth of layer.

УДК 621.9.048

В. Я. МИЦЫК, канд. техн. наук, доц., СНУ им. В. Даля, Луганск

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВИБРАЦИОННОЙ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ И УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ В «U»-ОБРАЗНОМ РЕЗЕРВУАРЕ

Приведен классификационный перечень промышленно используемых разновидностей отделочно-зачистной и упрочняющей обработки. Определено направление интенсификации процесса виброобработки. Дано описание экспериментальных исследований динамики процесса в колеблющемся «U»-образном резервуаре, необходимых для проектирования новых технологий и оборудования.

Ключевые слова: классификационный перечень; виброобработка; «U»-образный резервуар; гранулированная среда; датчик-деталь; динамика процесса.

Вывод. Современные высокопроизводительные процессы формообразования позволяют приблизить форму и размеры заготовки к форме и размерам детали. Поэтому в настоящее время существенно снижается объем лезвийной обработки и возрастает роль отделочных процессов. В связи с этим, разработка новых технологий для финишной обработки является одной из актуальных задач машиностроения и приборостроения.

Поставленная задача имеет непосредственное отношение к технологии отделочно-зачистной обработки, в которой доля ручного труда наиболее высокая. Выполнение отделочно-зачистных операций с обеспечением высоких характеристик шероховатости поверхности, удаление заусенцев и скругление острых кромок на деталях, связано с определенными технологическими трудностями. При ручной обработке наблюдается низкая производительность и нестабильное качество. В случае механической обработки значительно усложняется конструкция используемого инструмента, а также кинематика процесса, что негативно влияет на себестоимость и экономическую целесообразность обработки. В современном металлообрабатывающем производстве широко применяются известные и вновь разработанные разновидности отделочно-зачистной и упрочняющей обработки гранулированной рабочей средой (табл. 1) [1].

© В. Я. Мицык, 2012