

УДК 621.81.004.67

Онищук С. Г., Тулупов В. И., Миранцов С. Л.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Условия работы деталей машин и оборудования различных отраслей промышленности характеризуются высокими механическими и тепловыми нагрузками, наличием агрессивных сред, присутствием в зоне контакта рабочих поверхностей абразивных частиц, что вызывает износ деталей. Это определяет необходимость использования для изготовления активно изнашивающихся деталей высоколегированных высокопрочных сталей и сплавов. Высокий уровень прочностных свойств указанных материалов, а также возможность получения ряда специальных свойств, таких как коррозионная стойкость или жаростойкость, определяют несомненную актуальность вопросов использования существующие разработки новых специальных износостойких материалов.

Однако большую часть механической нагрузки несёт поверхность детали, и в большинстве случаев применение дорогостоящих высокоуглеродистых сплавов для изготовления деталей экономически неэффективно. Одним из путей решения этой проблемы является изготовление деталей машин и инструмента из сравнительно дешёвых марок малоуглеродистых и низколегированных сталей с поверхностно упрочнёнными рабочими поверхностями.

Электромеханические методы обработки позволяют посредством термического и силового воздействия на поверхностный слой обрабатываемой детали существенно изменить физико-механические показатели поверхностного слоя, резко повысить их износостойкость, предел выносливости и другие эксплуатационные характеристики [1].

Введение электрического тока в зону резания является эффективным средством улучшения обрабатываемости высокопрочных сталей [2]. При пропускании тока выделяется теплота, обусловленная электрическим сопротивлением заготовки, образуются окисные пленки, улучшающие процесс трения, снижается интенсивность адгезионного, диффузионного и эрозионного износов режущего инструмента. Электрический ток оптимальной плотности (не более  $120 \text{ А/мм}^2$ ) повышает износостойкость твердых сплавов в три-четыре раза. Применение электрического тока целесообразно при скоростях резания, не превышающих 150–200 м/мин.

В качестве инструмента при электромеханической обработке накатыванием (ЭМО) используются твердосплавные сглаживающие пластины или ролики, закрепляемые в специальных токопроводящих державках. Глубина упрочнения составляет 0,02–0,10 мм при обработке пластиной и силе тока 350–600 А; 0,05–0,30 мм при обработке роликом и силе тока 800–1200 А. Остаточные напряжения сжатия составляют 300–450 МПа.

Принципиальная схема ЭМО, разработанная в ИСМ АН Украины [3], по сравнению с применявшейся до сих пор, расширяет технологические возможности данного метода обработки и имеет следующие преимущества: во-первых, наличие в данной схеме двух противоположно расположенных роликов обеспечивает при больших усилиях прижима ( $P > 200 \text{ Н}$ ) в процессе обработки деталей диаметром менее 30 мм уменьшение прогиба последних в 1,5–2 раза, а погрешности формы в 2–2,5 раза; во-вторых, использование второго ролика вместо традиционно применяемых щеточных контактов в качестве токосъемников, повышает энергетический КПД системы на 50–60 %. Последнее достигается уменьшением энергетических потерь, имеющих место в зависимости от применяемых схем обработки в контакте токосъемников патрон-щетка или шпиндель-щетка.

Разработанная схема обработки позволяет получать при ЭМО покрытие необходимой толщины, но не более 0,2 мм на диаметр. Известен метод обработки с вводом электрического тока в зону резания, позволяющий обрабатывать труднообрабатываемые детали типа черпаков драг номенклатуры Иркутского завода тяжелого машиностроения (ИЗТМ) из стали Г13Л [4]. Отличительной особенностью метода является то, что ток пропускается через главную заднюю поверхность режущей пластины с инструментом с нулевым задним углом, что значительно увеличивает пластическую зону.

Целью работы является разработка технологического процесса упрочняющей обработки деталей тяжелого машиностроения.

Для реализации цели работы разработан процесс электроимпульсного упрочняющего точения с образованием регулярной структуры, состоящей из отдельных фрагментов упрочненного слоя, которые чередуются с зонами пониженной прочности, может быть эффективно использован применительно подвижных соединений, работающих в условиях граничного трения. В процессе приработки, вследствие повышенного износа неупрочненных зон структура поверхностного слоя трансформируется в микрорельеф, является системой регулярно расположенных канавок (углублений). Во время трения со смазкой эти канавки играют роль «масляных карманов»: по мере износа масло, которое содержится в них, поступает в пространство между поверхностями трущихся частей. Регулярный микрорельеф обеспечивает гидродинамическое смазки, что повышает сопротивление дальнейшего износа. Кроме того, в канавках собираются продукты износа, что снижает интенсивность абразивного износа.

Технологический метод точения с электроимпульсным нагревом (ЭИН) рационально использовать для деталей из среднеуглеродистых и легированных конструкционных сталей, имеющих внешние рабочие поверхности трения.

Главные преимущества нового метода:

- 1) возможность укреплению поверхностного слоя детали дифференциально по ее износу (для деталей, неравномерно изнашиваются);
- 2) обработка на одном технологическом оборудовании;
- 3) сокращение количества технологических операций;
- 4) низкие затраты на оборудование.

Применение метода точения с ЭИН рационально использовать для упрочнения поверхностей трения валов диаметром до 80 мм, работающих с частотой вращения до 1000 мин<sup>-1</sup> и давлением в контакте менее 3 МПа, диаметром до 180 мм, работающих с частотой вращения до 1000 мин<sup>-1</sup> и давлением в контакте выше 3 МПа.

Для проектирования технологического процесса разработана структурная схема взаимосвязи параметров процесса точения с ЭИН, влияющих на эксплуатационные свойства поверхности обрабатываемой детали и алгоритм определения электрических режимов (рис. 1). Алгоритм расчета имеет итерационный характер. Для расчета режимов обработки необходимо определиться с технологическими параметрами, обеспечивающие заданные показатели качества поверхностного слоя детали. Обработка производится резцом с фаской 1 мм, при выбранной геометрии резца, площадь контакта равна  $A_k = 0,3 \text{ мм}^2$ . Выполняется расчет плотности тока, что обеспечивает показатели качества процесса точения с ЭИН.

Плотность тока находится по формуле:

$$J = \frac{I}{A_k},$$

где  $I$  – сила тока, А;

$A_k$  – площадь контакта по задней поверхности инструмента, мм<sup>2</sup>.

Так, при  $I = 250$  А, плотность импульсного тока будет равна  $J = 750$  А/мм<sup>2</sup>, а при 300 А –  $J = 1000$  А/мм<sup>2</sup>.

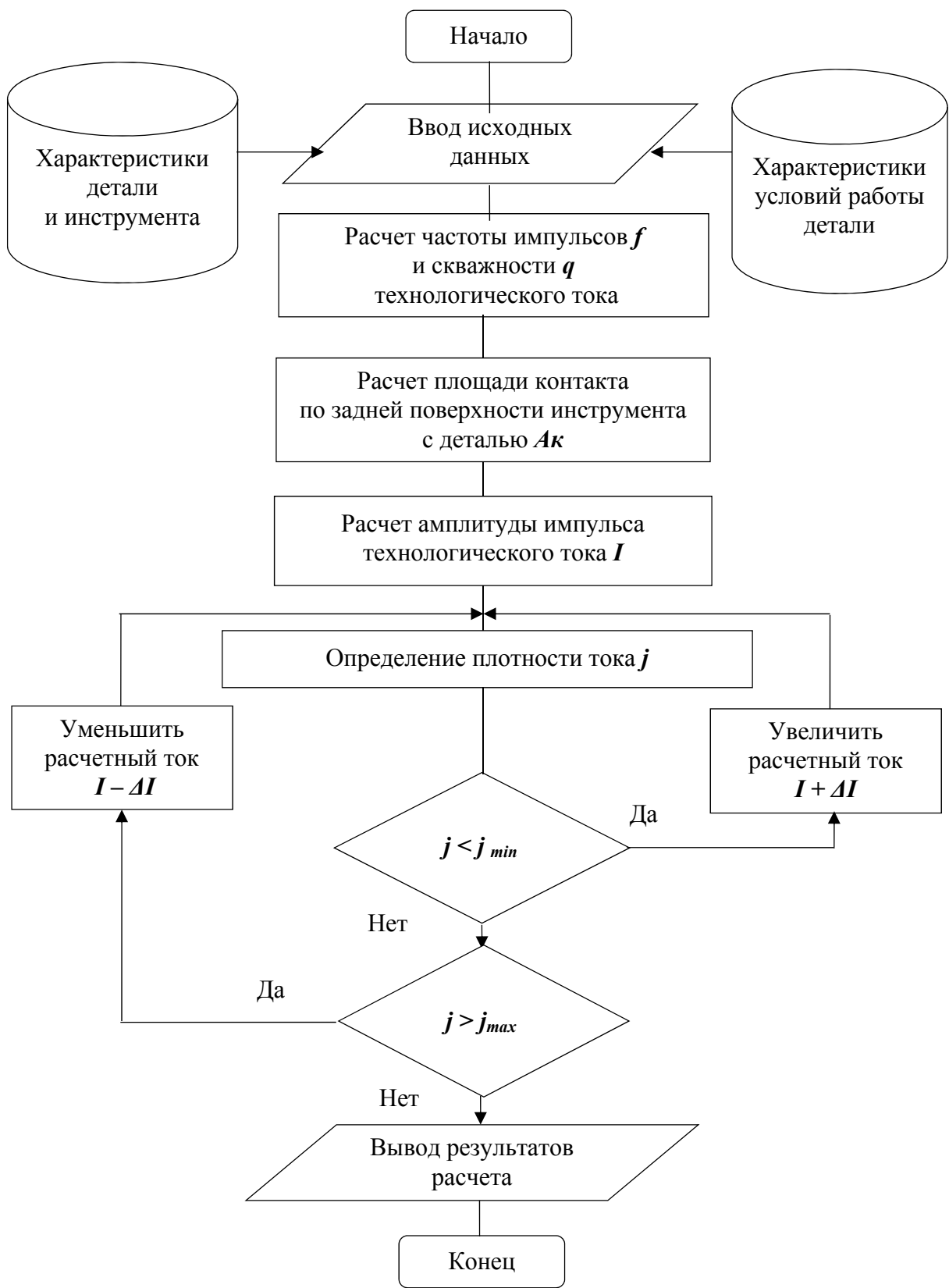


Рис. 1. Алгоритм расчета электрических режимов точения с ЭИН

При использовании резцов с другими геометрическими показателями необходимо учитывать для расчетов режимов обработки электроимпульсным упрочняющим точением площадь контакта «резец – деталь», и использовать величину плотности тока [5, 6], а не силы тока. Плотность тока должна быть в диапазоне 750...1000 А/мм<sup>2</sup>.

Практические результаты внедрены в производство при изготовлении деталей типа «Вал», которые имеют рабочие поверхности трения, на токарных станках ПАО «Славянский машиностроительный завод». Особенностью нового технологического процесса обработки является применение на этапе чистовой обработки точения с электроимпульсным нагревом вместо термической обработки и шлифования (табл. 1).

Таблица 1

Нормы времени для базового и нового вариантов технологического процесса

Номер операции	Наименование операции	Время, мин			
		$t_o$	$t_e$	$t_{ум}$	$t_{ум-к}$
Базовый вариант					
035	Токарно-винт. мод. 16К30	9,8	29,7	43,5	44,2
040	Термическая ТО закалка ТВЧ	0,6	3,1	4,0	5,5
050	Круглошлифовальная мод. 3А172	13,1	17,4	33,6	34,3
055	Круглошлифовальная мод. 3А172	3,0	5,3	9,1	9,8
Всего		26,5	55,5	90,2	93,8
Новый вариант					
035	Токарно-винторезная мод. 16К30 точение с ЭИН	9,8	31,2	45,1	46,2

В результате внедрения технологического процесса электроимпульсного упрочняющего точения рабочих поверхностей трения деталей машин получено:

- снижение трудоемкости технологического процесса на 35–40 %;
- снижение себестоимости изготовления деталей на 15–20 %;
- сокращение длительности технологического цикла обработки деталей на 15 %.

Для оптимизации выбора метода упрочняющей обработки на основании созданного банка данных был разработан программный продукт в пакете «АЛГОРИТМ версия 2.5» [7]. Основная задача, которая ставилась при разработке программного продукта – производить автоматический подбор необходимых методов поверхностного упрочнения по заданным параметрам поверхности детали, а затем выбирать наиболее оптимальный благодаря анализу производительности и энергозатрат.

Алгоритм работы программы состоит в следующем. На первом этапе вводятся параметры обрабатываемого материала, требуемая глубина упрочнения. На втором этапе производится расчет параметров упрочнения, а именно глубины упрочнения, величины упрочнения, получаемая шероховатость поверхности. При этом для методов поверхностно-пластического деформирования могут быть рассчитаны в зависимости от свойств материала, режимов обработки параметры поверхности, получаемой после упрочнения. В результате оптимизации программа предлагает оптимальный вариант упрочняющей обработки по критериям производительности и себестоимости (рис. 2).

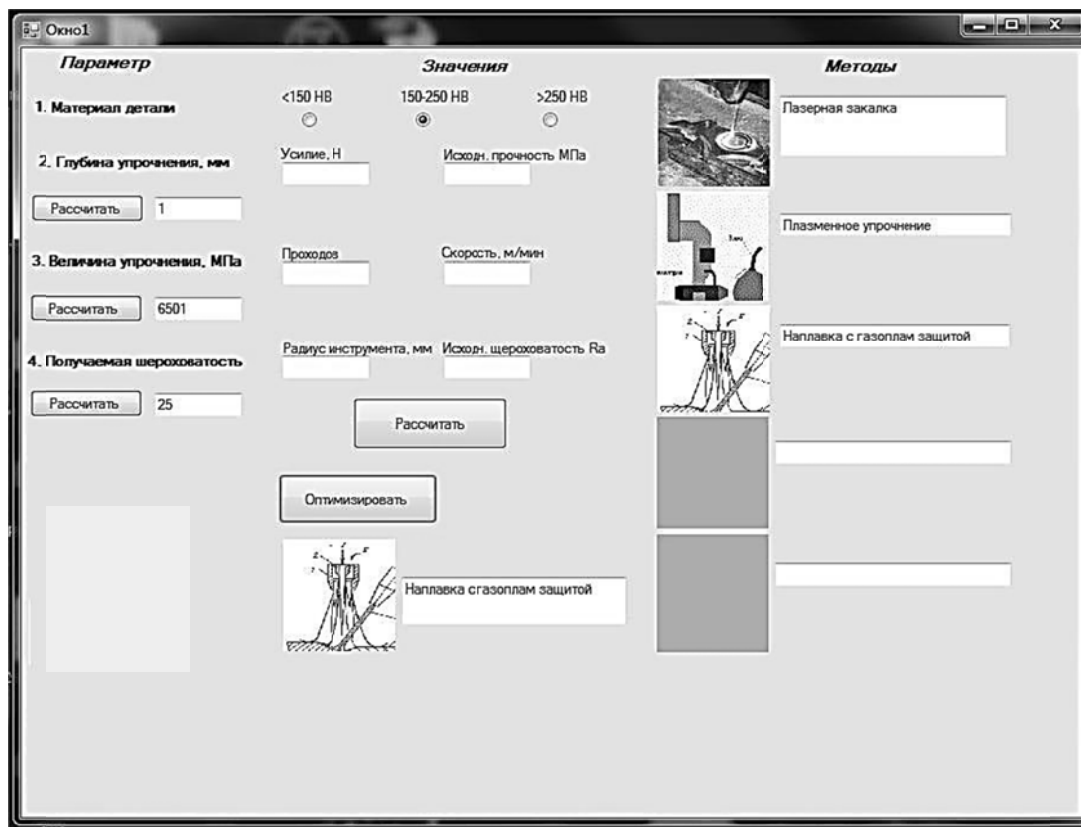


Рис. 2. Результат работы программы «АЛГОРИТМ»

## ВЫВОДЫ

Применение упрочняющих методов обработки на этапе чистовой обработки деталей позволяет исключить операцию термической обработки и шлифования, а также снизить трудоемкость технологического процесса на 35–40 %, снизить себестоимость на 15–20 %, сократить длительность технологического цикла на 15 %. Применение программы «АЛГОРИТМ» позволит сократить время проектирования технологических процессов механической обработки деталей тяжелого машиностроения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимов В. Д. упрочнения машиностроительных материалов : справочник / В. Д. Евдокимов, Л. П. Клименко, А. Н. Евдокимова ; под ред. д-ра техн. наук, проф. В. Д. Евдокимова. – Одесса ; Николаев : Изд. НГПУ им. Петра Могилы, 2005. – 352 с.
2. Гавриш А. П. Обработка высокопрочных материалов / А. П. Гавриш, Е. С. Пуховский, Е. Ю. Грищенко ; под общ. ред. А. П. Гавриша. – К. : Техніка, 1983. – 134 с.
3. Рыжов Э. В. Методика определения и расчета технологических условий электромеханической обработки легирующим роликом / Э. В. Рыжов, В. С. Лищинский, Ю. Н. Гончаренко // Вестник машиностроения. – 1992. – № 1. – С. 48–51.
4. Исследование и разработка прогрессивного метода механической обработки высокомарганцевистой стали типа Г13Л : отчет о НИР (заключ.) : 311-8770-02 / ВНИИПТМаш ; рук. Е. П. Молчанов. – Краматорск, 1982. – 83 с. – № ГР 81097828. – Инв. № Б 334564.
5. Подураев В. Н. Резание труднообрабатываемых материалов / В. Н. Подураев. – М. : Высшая школа, 1974. – 590 с.
6. Электромеханическая обработка: технические и физические основы, свойства, реализация / В. П. Багмутов, С. Н. Паршев, Н. Г. Дудкина, И. Н. Захаров. – Новосибирск : Наука, 2003. – 318 с.
7. Алгоритм. Как создать программу? Алгоритм 2! [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.algoritm2.ru>.

Статья поступила в редакцию 05.09.2012 г.