

В.И. Носуленко, О.С. Чумаченко

ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ ОБРАБОТКА ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ КАК НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

*Кировоградский национальный технический университет,
пр. Университетский, 8, г. Кировоград, 25006, Украина*

Процессы электроразрядной обработки (ЭРО), основанные на использовании преобразованной в тепло энергии разнообразных электрических дуговых разрядов и включающие традиционную электроэрозионную обработку (ЭЭО) нестационарными электрическими разрядами, размерную обработку стационарной электрической дугой (РОД) и плазменную резку (ПР), обеспечивают широкие технологические возможности, а по сравнению с процессами обработки резанием и давлением – ряд существенных преимуществ [1]. В этой связи при оптимальном сочетании специфических, зачастую уникальных технологических возможностей каждого из способов ЭРО представляется возможным, с одной стороны, осуществить все многообразие разделительных операций при изготовлении листовых деталей любых форм и размеров (чего, кстати, не обеспечивают традиционные способы обработки давлением и резанием), а с другой – уже сегодня в условиях единичного, мелкосерийного и средне-серийного производства способы ЭРО обеспечивают более высокую экономическую эффективность по сравнению с традиционными технологиями. Поэтому процессы ЭРО – это новые возможности и высокоэффективная альтернатива традиционным технологиям.

Листовые детали, составляющие в машиностроении около 70%, получают, используя разнообразные разделительные операции: резку, вырубку и пробивку, обычно осуществляемые штамповкой и изредка – механической обработкой. В то же время каждая из операций может высокоэффективно выполняться с применением одного из способов ЭРО. Поэтому необходимо экономически обосновать наиболее предпочтительный вариант технологического процесса изготовления таких деталей и в конечном счете – определения областей рационального применения каждого способа. Укажем известные области рационального применения процессов ЭРО.

ЭЭО позволяет эффективно обрабатывать малые, диаметром до нескольких сотых долей миллиметра, отверстия практически в любых сталях и многих труднообрабатываемых сплавах. Так, отверстие диаметром 0,04 мм может быть прошито на глубину 0,6–0,7 мм. Все шире используется групповая прошивка отверстий наборами электродов. Таким способом прошивают до 8000–10000 отверстий одновременно в деталях фильтров и теплообменников, изготавливают сита из нержавеющей стали. Например, 2000 отверстий диаметром 0,8 мм в листе из нержавеющей стали толщиной 1,5 мм прошивают за 25 мин. Прорезают и прошивают пазы и узкие щели шириной 0,05–0,5 мм в деталях основного производства, фрезерование которых или штамповка обычными способами затруднена или невозможна. Щели шириной 0,15–0,3 мм прошивают на глубину до 3–5 мм. ЭЭО можно получать гравюры с улучшенным изображением и повышенной глубиной рельефа. По сути, это уникальные технологии, неосуществимые другими способами металлообработки. Однако этим, собственно, и ограничивается область рационального применения ЭЭО листовых деталей.

Воздушно-плазменная резка (ВПР) позволяет получать средние и крупные детали сложных контуров (внешних и внутренних) из стального листового проката толщиной 5–60 мм при оптимизации раскроя и полной автоматизации процесса. Так, на ОАО «Красная звезда» (г. Кировоград) уже сейчас в условиях единичного и мелкосерийного производства ВПР получают около тысячи наиме-

нований деталей из стального листового проката.

Однако ВПР не позволяет получить детали внешнего и внутреннего фасонных контуров, прежде всего габаритами примерно до 100 мм с мелкими элементами при повышенных требованиях по качеству и точности обработки. Толстолистовые детали, полученные ВПР, имеют несколько оплавленную поверхность реза не перпендикулярную плоскости детали. Существенный недостаток – сравнительно большая (до 1 мм) зона термического влияния при обработке углеродистых сталей, что усложняет дальнейшую механическую обработку. Поэтому деталь в этом случае подлежит отжигу. При резании металла толщиной до 2 мм термические напряжения приводят к короблению деталей. Узкие щели шириной меньше толщины листа, мелкие прямоугольные и квадратные отверстия в толстолистовом металле становятся проблемой. ВПР затруднительно получить контуры размерами в плане менее 50 мм и отверстия с острыми углами.

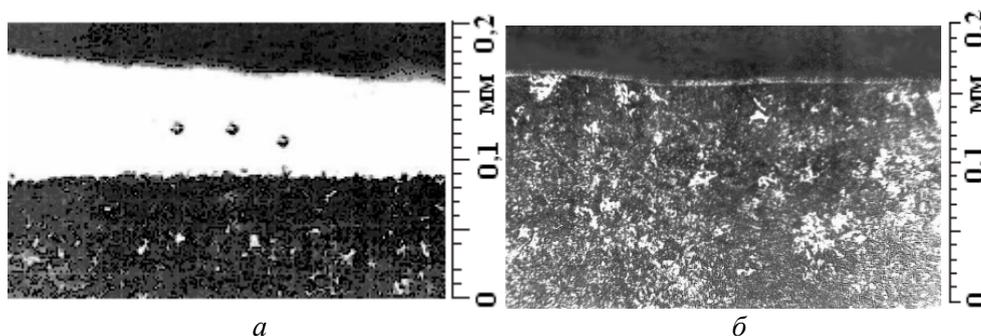


Рис. 1. Микроструктуры поверхности закаленных образцов из стали У8 после РОД

РОД широко применяется для самых разнообразных технологий [1] и, в частности, для выполнения разделительных операций при изготовлении листовых деталей [2–12 и др.], в том числе для указанных выше работ, которые нельзя осуществить ВПР, выполняя их с высокой производительностью и качеством. Прежде всего это касается получения внутренних и внешних контуров фасонных листовых деталей с габаритами в плане примерно до 100 мм при зоне термического влияния, которая является управляемой (рис. 1,а) и при необходимости может практически отсутствовать (рис. 1,б); при шероховатости обработанной поверхности в пределах R_a 6,3 и менее и при точности обработки, соответствующей обычной точности инструментальных работ, то есть в пределах сотых долей миллиметра. Необходимая точность обработки обеспечивается малым межэлектродным зазором, составляющим 0,05–0,15 мм, и точным изготовлением профилированного электрода-инструмента (ЭИ), исполнительные размеры которого для внутренних отверстий B_O и внешних контуров (стержней) B_C определяют по формулам:

чистовая обработка

$$B_O = (A + 0,7\Delta_B - 2\delta_2)^{+0,3\Delta_B}, \quad (1)$$

$$B_C = (A - 0,7\Delta_C + 2\delta_2)^{-0,3\Delta_C}, \quad (2)$$

черновая обработка

$$B_O \leq [A + 0,7\Delta_B - 2(\delta_1 + z_{\min})]^{+0,3\Delta_B}, \quad (3)$$

$$B_C \geq [A - 0,7\Delta_B + 2(\delta_1 + z_{\min})]^{-0,3\Delta_H}, \quad (4)$$

где A – номинальный размер детали; δ_1 и δ_2 – межэлектродные зазоры соответственно при черновой и чистовой обработке; z_{\min} – минимальный припуск на обработку; Δ_B и Δ_H – верхнее и нижнее отклонение поля допуска детали.

Технологические схемы формообразования РОД позволяют реализовать необходимые условия высокопроизводительной обработки – многоэлектродную прошивку, обработку пакетом (рис. 2), исполнение операций по принципу последовательного и совмещенного действия и др. Все это, а также соответствующий выбор режимов обработки позволяют достичь оптимальной производительности и качества обработки.

Таким образом, укажем, что процессы ЭРО обеспечивают не только выполнение всего многообразия разделительных операций при изготовлении листовых деталей, осуществляемых традиционными технологиями, но и новые технологические возможности. Остается лишь установить область практического применения ЭРО.

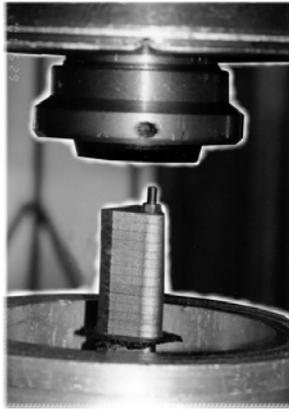


Рис. 2. Рабочая зона станка “Дуга-8” при обработке пакета деталей

Экономическая эффективность технологических процессов неразрывно связана с серийностью и конкретными условиями данного производства, а следовательно, является не только технологическим, но и организационно-технологическим понятием. Поэтому как при выборе оптимального варианта конкретного технологического процесса, так и при определении областей рационального применения каждого из указанных способов следует исходить из всего многообразия факторов, существенно влияющих на технологическую себестоимость продукции. Обобщенная формула технологической себестоимости для разделительных операций имеет вид

$$C_{\text{д}} = v_i + \frac{P_i}{N_{\text{В}}} = M_0 + Z_{\text{о.д.с.}} + B_{\text{эл}} + B_{\text{сп}} + B_{\text{В}} + B_{\text{а.об.}} + B_{\text{еп}} + C_{\text{эл.вфр}} + B_{\text{эл.гр.}} + B_{\text{р.р.}} + \frac{1}{N_{\text{В}}} (Z_{\text{нал}} + B_{\text{ш}} + B_{\text{Н}} + B_{\text{а.сп.}}). \quad (5)$$

Здесь v_i – переменные затраты, величина которых в годовой технологической себестоимости изменяется пропорционально изменению программы выпуска продукции $N_{\text{В}}$; p_i – постоянные затраты, величина которых существенно не изменяется по сравнению с объемом годового выпуска продукции; M_0 – стоимость основных материалов, которая учитывается, если изменяется способ раскроя или марка материала; $Z_{\text{о.д.с.}}$ – основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих; $B_{\text{эл}}$, $B_{\text{сп}}$, $B_{\text{В}}$, $B_{\text{а.об.}}$, $B_{\text{еп}}$, $C_{\text{эл. вфр}}$, $B_{\text{эл. гр.}}$, $B_{\text{р.р.}}$, $Z_{\text{нал}}$ – соответственно затраты на электроэнергию; сжатый воздух; техническую воду; амортизацию оснащения; эксплуатацию помещений; вольфрамовые электроды для плазмотронов; графитовые электроды; рабочую жидкость; отладку; $B_{\text{ш}}$, $B_{\text{Н}}$, $B_{\text{а.сп.}}$ – соответственно стоимость штампов; комплекта ножей и специальных устройств и средств механизации и автоматизации.

В результате расчетов получены графики технологической себестоимости (см. например, рис. 3), на основании которых разработана схема выбора оптимального способа выполнения разделительных операций в зависимости от габарита обрабатываемого контура, толщины заготовки, требований к точности и программы выпуска (рис. 4), из которой следует, что в условиях единичного, мелкосерийного и среднесерийного производства при изготовлении листовых деталей способы ЭРО обеспечивают более высокую экономическую эффективность по сравнению с традиционными способами штамповки и механической обработки. Это позволяет утверждать, что развитие способов ЭРО – одно из главнейших направлений в развитии процессов обработки листовых деталей.

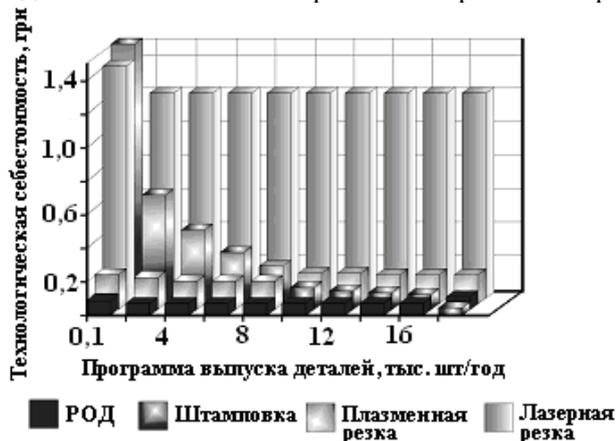


Рис. 3. Обобщенная диаграмма себестоимости изготовления фасонных листовых деталей периметром 200 мм при толщине 5 мм

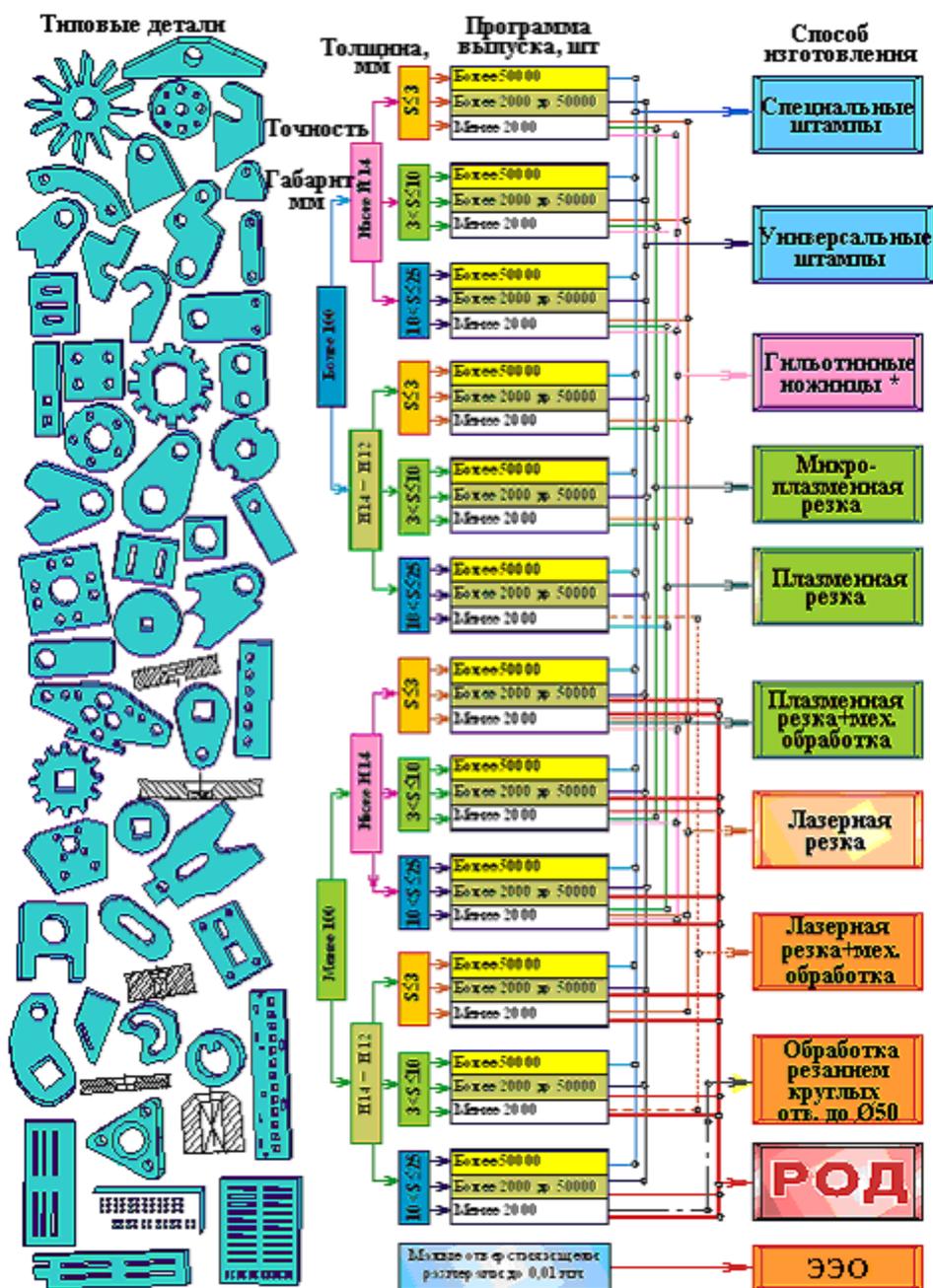


Рис. 4. Схема выбора оптимального способа выполнения разделительных операций листовых деталей

Выводы

Листовые детали изготавливают с использованием разделительных операций, обычно производимых штамповкой. Однако все операции в настоящее время можно осуществить также ЭРО, включающей способы ЭЭО, РОД и ПР. В этой связи возникает необходимость экономического обоснования и выбора оптимального варианта технологического процесса в каждом конкретном случае и в конечном счете определения областей рационального применения каждого из указанных способов.

В условиях единичного, мелко- и среднесерийного производства при изготовлении листовых деталей способы ЭРО обеспечивают более высокую экономическую эффективность и широкие технологические возможности по сравнению с традиционными штамповкой и механической обработкой. Поэтому они должны вытеснить традиционные технологии штамповки и механической обработки, а электрод в свою очередь – штамп и режущий инструмент. В этом состоит одно из главнейших направлений в развитии процессов обработки листовых деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Носуленко В.И.* Размерная обработка металлов электрической дугой // *Электронная обработка материалов.* 2005. № 1. С. 8–17.
2. *Чумаченко О.С.* Розмірна обробка електричною дугою листових деталей: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.03.07 / Кіровоградський держ. техн. ун-т. Киев, 2002.
3. *Носуленко В.И., Чумаченко О.С.* Розмірна обробка дугою для розділових операцій листового металу як альтернативний процес металообробки // *Збірник наукових праць КДТУ.* Вип. 6. Кіровоград, 2000.
4. *Носуленко В.И., Чумаченко О.С.* Розмірна обробка дугою фасонних отворів в листовому металі // Там же. Вип. 7. С. 216–221.
5. *Носуленко В.И., Чумаченко О.С.* Розмірна обробка дугою деталей з листового металу // *Вісник НТУУ КПІ.* 2002. Київ, С. 164–169.
6. *Носуленко В.И., Чумаченко О.С.* Комбинированные процессы металлообработки с использованием электрического дугового разряда // *Збірник наукових праць КДТУ.* 2001. Вип. 9. Кіровоград, С. 98–104.
7. *Чумаченко О.С.* Перспективи та область раціонального застосування розмірної обробки дугою листових деталей сільськогосподарської техніки // *Конструювання та експлуатація с/г машин.* 2001. Вип. 9. Кіровоград, С. 132–138.
8. *Носуленко В.И., Великий П.Н., Сиса О.Ф., Чумаченко О.С.* Электроэрозионные головки РОД к металлорежущим станкам // *Сварщик.* 2001. № 3. С. 30–32.
9. *Носуленко В.И., Великий П.Н., Сиса О.Ф., Чумаченко О.С.* Комбинированные процессы обработки с использованием электрического дугового разряда // Там же. 2001. № 6. С. 39.
10. *Носуленко В.И., Чумаченко О.С.* Альтернатива традиции – размерная обработка металлов электрической дугой // *Мир техники и технологий.* 2003. № 2. С. 52–55.
11. *Носуленко В.И.* Перспективи та області раціонального застосування процесу розмірної обробки металів електричною дугою // *Збірник наукових праць КДТУ.* 2003. Вип. 12. Кіровоград, С. 98–103.
12. *Носуленко В.И., Чумаченко О.С.* Электрическая дуга вместо штамповки // *Мир техники и технологий.* 2003. № 4. С. 52–55.

Поступила 10.05.04

Summary

It is shown that the processes of electrical discharge machining, including electroerosive handling, arc sizing machining and plasma cutting, at manufacturing of sheet details ensure higher economic efficiency and wider technological opportunities as a contrast to traditional techniques of punching and machining job and, consequently, should receive a preferential development.
