

конечно-разностную аппроксимацию согласно программы Femm, а также экспериментальными данными, полученными применением тесламетра Т-3 показали достаточную точность разработанной модели, поскольку результаты расчетов численными методами согласуются с расчетными и полученными экспериментальными результатами и составляют погрешность для эквидистантного – $14 \div 18$ % и плоского – $10 \div 14$ %, что обеспечивает изготовление рациональной конструкции ЭМС в зависимости от выбранной технологической схемы обработки. Показаны условия неоднородности топографии МП, создаваемой ЭМС, и необходимость применения рабочих зазоров с заданной величиной напряженности МП, которые являются оптимальными для создания высокоэффективной схемы МАО СПП.

Список использованной литературы

1 Ящерицын, П. И. Обработка изделий со сложным профилем в магнитном поле / П. И. Ящерицын, Т. Л. Деев, Л. М. Кожуро // Вестн. машиностроения. – 1994. – № 3. – С. 42–44.

2 Афанасова, Ю. А. Повышение эффективности технологии механической обработки фасонных поверхностей деталей пресс – форм : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / Ю. А. Афанасова ; ГОУ ВПО «Белгород. гос. технолог. ун-т им. В. Г. Шухова». – Белгород, 2010. – 19 с.

3 Акулович, Л. М. Магнитно-абразивная обработка сложнопрофильных поверхностей деталей сельскохозяйственных машин / Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев. – Минск : БГАТУ, 2019. – 272 с.

Summary. This article describes a mathematical model for calculating the magnetic field strength in the working gap region, taking into account its geometric dimensions and shape (equidistant and planar). This model is based on solving Maxwell's equations using matrix forms and the complex variable method.

УДК 658.51 : 621.81

Акулович Л.М.¹, доктор технических наук, профессор;

Стрига М.В.¹, студент;

Мендалиева С.И.², кандидат технических наук, доцент

¹ Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

² НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ И ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований точности и шероховатости поверхностей заготовок при термической резке листового

металлопроката. Определены граничные условия назначения в технологические процессы изготовления деталей машин из металлопроката операций термической резки, использование которых в системе сквозного автоматизированного проектирования технологий изготовления деталей из металлопроката обеспечивает экономию металлопроката до 10% за счет снижения припусков на обработку.

Abstract. The results of experimental studies of the accuracy and surface roughness of workpieces during thermal cutting of sheet metal are presented. Boundary conditions for incorporating thermal cutting operations into the manufacturing processes of machine parts from rolled metal are determined. Their use in a system for end-to-end automated design of manufacturing technologies for rolled metal parts enables savings of up to 10% in rolled metal by reducing machining allowances.

Ключевые слова: технологический процесс, раскрой, схемы обработки, синтез операций, металлопрокат.

Key words. technological process, cutting, processing schemes, synthesis of operations, rolled metal products.

Листовой металлопрокат широко применяется в сельскохозяйственном машиностроении в качестве исходных заготовок для изготовления многих изделий. Это целый класс почвообрабатывающих деталей – ножи, диски, лемехи, зубья и т.п. Большинство таких деталей работают в абразивной среде и подвержены интенсивному изнашиванию. Вместе с тем, сроки изготовления быстроизнашиваемых деталей, как правило, ограничены [1] и определяются сезонным спросом.

Технологические процессы изготовления изделий из листового металлопроката включают в себя множество стадий (переделов). Состав имеющихся технологических переделов определяет структуру производства машиностроительных предприятий. Например, для станкостроительных и машиностроительных предприятий, специализирующихся на выпуске, ремонте и обслуживании сельскохозяйственной техники, у которых детали изготавливаются в основном из металлопроката, типичными являются: раскрой листового проката на гильотинных ножницах или на машинах термической резки, установках лазерной и гидроабразивной резки, раскрой круглого и профильного металлопроката на разрезных станках (ленточно-отрезных, абразивно-отрезных, фрезерно-отрезных станках), холодная штамповка, механическая обработка (в основном на универсальном оборудовании), сварка, лакокрасочные и гальванические покрытия.

Известно, что при изготовлении деталей из листового металлопроката наиболее трудоемкими являются операции раскроя и последующей механической обработки. За последние годы для раскроя листового металлопроката широко внедряются технологии плазменной, лазерной и гидроабразивной резки. Технологические комплексы для резки имеют точность позиционирования $\pm 0,01\text{мм}$ и могут обеспечивать точность обработки – $\pm 0,1\text{мм}$. В технической документации на раскройные комплексы их про-

изводители указывают параметры точности перемещений исполнительных органов, а параметры геометрической точности вырезаемых контуров заготовок не приводятся, поскольку они зависят от технологических режимов резки, толщины листов металлопроката, мощности резательной головки, скорости перемещения резака и т.п. Высокая производительность резки (до 20 м/мин), малые ширина реза и зона термического влияния (диаметр луча составляет сотые доли миллиметра), высокая точность взаимного расположения вырезаемых поверхностей, возможность раскроя сложных контуров деталей позволяют использовать способы резки листового металлопроката и операции механической обработки в единых технологических процессах. Вместе с тем, разработка таких технологических процессов с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет пересмотреть припуски на механическую обработку в сторону их уменьшения, экономить металл, снизить трудоемкость изготовления изделий.

Для определения граничных условий назначения в технологические процессы изготовления деталей машин из металлопроката операций термической резки были проведены экспериментальные исследования по влиянию современных способов термической резки металлопроката на точность и шероховатость поверхностей заготовок. Геометрическая точность оценивалась качеством точности, определяемым через величины отклонения от номинальных размеров и допуски. Шероховатость поверхностей реза оценивалась по параметру Ra (среднее арифметическое отклонение профиля). Для вырезки заготовок использовали порталный станок для плазменной и газовой резки VanadProxima (Portal) HDSeries и консольный станок для лазерной резки VANAD MIRON LASER (Fiber). Из листового металлопроката 345–09Г2С–св–2 ГОСТ 19281–89 различной толщины плазменной и лазерной резкой вырезали заготовки деталей круглой формы определенных диаметров (по 5 штук каждого диаметра из листов определенной толщины), на которых измеряли диаметральный ($D\Phi$) размер и параметр Ra шероховатости поверхности реза. Варьируемые факторы: толщина листа S , и радиус реза R . По фактической величине диаметров вычисляли отклонения Δ_{Π} (для плазменной резки) и $\Delta_{\text{Л}}$ (для лазерной резки) от номинальных размеров. Эксперименты проводились по программе центрального композиционного ротатбельного планирования второго порядка. Результаты экспериментальных исследований были обработаны методами математической статистики с использованием табличного процессора MS-Excel 2010.

Получены уравнения регрессии второго порядка:

$$\Delta_{\Pi} = 0,177 + 10^{-3} \cdot (16,9 \cdot S - 0,34 \cdot R - 0,018 \cdot S \cdot R - 0,04 \cdot S^2 + 0,003 \cdot R^2);$$

$$\Delta_{\text{Л}} = 0,065 + 10^{-3} \cdot (1,3 \cdot S + 0,5 \cdot R + 0,2 \cdot S^2 + 0,002 \cdot R^2);$$

$$Ra_{\Pi} = 15,40 + 10^{-3} \cdot (64,3 \cdot S - 135,9 \cdot R - 0,4 \cdot S \cdot R + 16,1 \cdot S^2 + 0,6 \cdot R^2);$$

$$Ra_{\text{Л}} = 2,545 + 10^{-3} \cdot (432,7 \cdot S - 32,4 \cdot R + 0,2 \cdot S \cdot R - 7,2 \cdot S^2 + 0,2 \cdot R^2).$$

Графическая зависимость влияния толщины листа S и радиуса реза R на величину параметра Ra шероховатости поверхности реза при плазменной и лазерной резке приведена на рисунке 1.

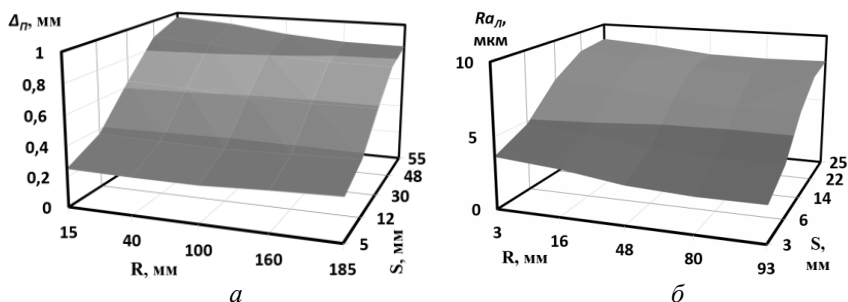


Рисунок 1 – Влияние толщины листа S и радиуса реза R на отклонение от номинального размера Δ при плазменной (а) и лазерной (б) резке

Экспериментально установлено, что плазменной резкой можно обрабатывать поверхности по 10...14-му качеству точности (ГОСТ 25346–89) с шероховатостью Ra 8,0...63,0 мкм, а лазерной резкой – по 10...12-му качеству точности с шероховатостью Ra 2,5...10,0 мкм.

Результаты экспериментальных исследований использованы при разработке библиотеки конструктивно-технологических элементов (КТЭ) деталей из металлопроката для САПР технологий их изготовления. Библиотека содержит КТЭ (поверхности, отверстия, пазы, окна, канавки и другие) со схемами обработки, включая условия выбора операции лазерной и плазменной резки.

Библиотека КТЭ позволяет формировать технологические процессы методом синтеза операций [2], совмещающие операции резки листового металлопроката и механической обработки. Внедрение САПР сквозного проектирования технологий изготовления деталей из металлопроката обеспечивает экономию металлопроката до 10% за счет снижения припусков на обработку.

Список использованной литературы

1. Акулович, Л.М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении : учеб. пособие / Л.М. Акулович, В.К. Шелег. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2012. – 488с.
2. Система автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей PRAMEN. Руководство пользователя. ОРГС 4664.013.ИЗ. – Минск : ОАО «Институт Белоргстанкинпром», 2005. – 135 с.

Summary. The implementation of an automated end-to-end design system for manufacturing technologies for rolled metal parts ensures savings of up to 10% on rolled metal by reducing machining allowances.