

УДК 338.43;631.3.004

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКИ

Л.М. КОЖУРО, д.т.н., профессор (БАТУ); А.П. РАКОМСИН, (ГП МАЗ);
Б.Н. ШТОМПЕЛЬ, д.э.н., профессор; В.И. ГАЛЬГО, к.т.н., доцент;
Д.Н. ХИЛЬКО, аспирант (БАТУ)

Технико-экономическая характеристика любого метода наплавки включает оценку долговечности наплавленного изделия, стоимостные показатели наплавки и параметры, характеризующие технологичность применения рассматриваемого метода к конкретной номенклатуре изделий.

Долговечность восстанавливаемых и упрочняемых наплавкой деталей определяется особенностями структуры и свойств наплавленного и основного металла, в частности твердостью и износостойкостью, пористостью, усталостной прочностью и др.

Под технологичностью методов наплавки понимают возможность их применения для большей или меньшей номенклатуры изделий, возможность и степень механизации и автоматизации процесса наплавки, наличие и степень сложности технологической оснастки.

Обычно для определения технико-экономической эффективности методов восстановления изделий наплавкой рассматриваются три группы деталей в зависимости от величины износа [1]. К первой группе относят детали с износом до 0,1 мм, второй – от 0,1 до 0,6 мм, третьей – свыше 0,6мм.

Известно [2...5], что выбор метода наплавки, как правило, зависит от минимально возможной при данном методе толщины наплавленного слоя. Так электромагнитной наплавкой не удается получить покрытия толщиной менее 0,2 мм, вибродуговой наплавкой и наплавкой в защитных газах – менее 2 мм, под слоем флюса – менее 3 мм.

Технико-экономическая эффективность любого метода наплавки должна рассматриваться в связи с условиями его применения.

Эффективность метода электромагнитной наплавки (ЭМН) – метода формирования тонких слоев покрытий – может сравниваться только с эффективностью других методов наплавки тонких слоев покрытий.

Ниже приведена методика экономической эффективности восстановления деталей второй группы электромагнитной наплавкой.

1. Экономическая эффективность восстановления изношенных деталей наплавкой

В условиях высоких цен и дефицита материально-энергетических ресурсов особую значимость приобретают технологии восстановления изношенных деталей и узлов машин. В связи с этим технологии восстановле-

ния требуют всестороннего технико-экономического обоснования и сравнительной оценки их с технологиями изготовления аналогичных деталей в серийном производстве.

Экономическая целесообразность наплавки очевидна, если затраты на восстановление детали оправдываются увеличением продолжительности срока ее службы, а также, если относительная себестоимость восстановления детали меньше или равна относительной себестоимости изготовления новой детали, т. е. при следующем условии:

$$C_v / T_v \leq C_n / T_n, \quad (1)$$

где C_v — относительная себестоимость восстановления детали, руб.; C_n — относительная себестоимость изготовления новой детали, руб.; T_v , T_n — средняя продолжительность службы (ресурс работы) соответственно восстановленной и новой детали, ч.

Так как срок службы детали определяется эксплуатационными свойствами покрытия, то выражение (1) можно записать следующим образом:

$$C_v \leq C_n \cdot \epsilon,$$

где ϵ — относительная износостойкость восстановленной детали. При выборе технологического процесса наплавки изношенных деталей и оценки целесообразности ее восстановления определяется коэффициент ресурсной эффективности, равный

$$K_z = \frac{C_n}{C_v} \cdot \epsilon \geq 1.$$

Расчет показателя K_z необходимо проделать для каждого выбранного способа наплавки. Наиболее рациональным будет тот, для которого значение показателя K_z будет наибольшим. Если $K_z < 1$, то применение данного способа экономически нецелесообразно по сравнению с новыми деталями. При $K_z = 1$ способ наплавки деталей с экономической точки зрения равноценен применению новых деталей. Когда $K_z \geq 1$, применение способа наплавки экономически целесообразно. В отдельных случаях, если изготовление детали связано с большим расходом металла или длительными простоями машин при ремонте, то допускается $K_z \leq 1$.

Необходимо отметить, что за счет применения при наплавке высоколегированных износостойких материалов иногда восстановленная деталь по себестоимости может быть дороже новой. Однако учитывая, что срок ее служ-

бы в 1,5...2 раза больше новой, наплавку стоит применять.

Таким образом, определение численного значения относительного показателя эффективности восстановления сводится к расчету себестоимости наплавки деталей и определению коэффициента относительной износостойкости покрытий (или коэффициентов долговечности деталей, наплавленных разными сплавами).

2. Расчет технологической себестоимости наплавочных работ.

При расчете технологической себестоимости наплавочных работ, как показала практика, целесообразно за основу принимать технологические затраты восстановления 1дм² поверхности детали наплавкой, которые определяются по формуле:

$$C = 3 + O_{\text{сн}} + M + A + P + Z_{\text{пр}}$$

где 3 – заработная плата оператора, руб; $O_{\text{сн}}$ – отчисления на социальные нужды, руб; М – материальные затраты; А – амортизационные отчисления по оборудованию, руб.; Р – затраты на ремонт и техническое обслуживание; $Z_{\text{пр}}$ – прочие затраты, руб.

Расходы на оплату труда наплавщиков определяются из выражения:

$$Z = T_{\text{шт}} \cdot C_{\text{т}} \cdot K_{\text{ув}}$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучное время наплавки одной детали, ч; $C_{\text{т}}$ – часовая тарифная ставка, руб.; $K_{\text{ув}}$ – коэффициент, учитывающий надбавки к тарифу ($K_{\text{ув}} = 1,4...2,5$).

Часовая тарифная ставка равна

$$C_{\text{т}} = \frac{C_{\text{т1}} \cdot K_{\text{р}}}{\Phi_{\text{м}}}$$

где $C_{\text{т1}}$ – месячная тарифная ставка 1-го разряда, руб; $K_{\text{р}}$ – тарифный коэффициент данного разряда работы; $\Phi_{\text{м}}$ – месячный фонд рабочего времени, ч.

Штучное время наплавки определяется из выражения:

$$T_{\text{шт}} = (T_0 + T_в) \cdot K_{\text{от}}$$

где T_0 – основное время наплавки детали (время горения дуги), ч; $T_в$ – вспомогательное время на наплавку детали, ч ($T_в = 0,1...0,22$); $K_{\text{от}}$ – коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места и отдых, равный 1,1...1,25.

Отчисления на социальные нужды включают социальное страхование, пенсионный фонд, фонд занятости населения и производятся от всех видов оплаты труда:

$$O_{\text{сн}} = (3 \cdot R) / 100\%$$

где R – процент отчислений на социальные нужды, равный 30%.

Материальные затраты складываются из стоимости расхода электроэнергии Э и стоимости наплавочных материалов Н:

$$M = Э + Н.$$

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$Э = \left[\frac{UI \cdot T_0}{1000 \cdot \eta} + N_{\text{хх}} (T_{\text{п}} - T_0) \right] C_{\text{w}}$$

где U – напряжение дуги, В; I – сила тока, А; h – к.п.д.

трансформатора, равный 0,6...0,8; $N_{\text{хх}}$ – мощность холостого хода сварочного трансформатора, равная 0,2...0,4 кВт; $T_{\text{п}}$ – полное время наплавки с учетом холостого хода, ч; C_{w} – действующий тариф на электроэнергию, руб/(кВт ч).

Затраты на наплавочный материал рассчитываются из выражения:

$$H = m_{\text{н}} \cdot f \cdot C_{\text{пр}}$$

где $m_{\text{н}}$ – масса наплавленного металла, кг; f – коэффициент, учитывающий потери на разбрызгивание и равный: для автоматической наплавки и полуавтоматической наплавки под слоем флюса 1,03; для вибродуговой наплавки 1,25; для наплавки порошков 1,25; для стержневых электродов 1,5; $C_{\text{пр}}$ – цена 1кг наплавочного материала.

Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$A = (T_0 \cdot Б \cdot а) / (100 \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot k_з)$$

где а – годовая норма амортизационных отчислений, %; Б – балансовая стоимость наплавочного оборудования, руб; $\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы, ч; $k_з$ – коэффициент использования оборудования по времени.

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяются из выражения:

$$P = (T_0 \cdot k_{\text{р}} \cdot Б) / (100 \cdot \Phi_{\text{д}})$$

где р – годовая норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание оборудования, %.

Прочие затраты принимаются в размере 3% от ($3 + O_{\text{сн}} + M + A + P$).

3. Расчет годового дохода и эффективности капиталовложений.

Годовой доход от использования восстановленных наплавкой деталей основывается на сопоставлении затрат по базовому и проектируемому вариантам:

$$D_{\text{р}} = (C_1 - C_2) \Pi \pm \Delta A$$

где C_1, C_2 – соответственно удельные себестоимости базового и проектируемого способов наплавки, руб/дм²; Π – программа по восстановлению деталей в год проектируемого варианта, дм²; ΔA – разность между амортизационными отчислениями базового и проектируемого вариантов.

На основании годового дохода определяется сравнительная дисконтированная стоимость за срок службы предлагаемого оборудования [6]:

$$\Delta Э = (D_{\text{р}} / (R + E)) - \Delta K,$$

где E – процентная ставка за кредит с учетом уровня инфляции; R – амортизационная составляющая капиталовложений дисконтирования разновременных затрат, определяемая из выражения:

$$R = \frac{E}{(1 + E)^{t_c} - 1}$$

где t_c – срок службы до списания предлагаемого для замены оборудования, лет.

1. Техничко-экономические показатели электромагнитной наплавки

Показатели	Варианты	
	Базовый	Проектируемый
Капиталовложения, млн.руб	300	500
Годовая программа восстановления, дм ²	1415	1840
Затраты времени на восстановление 1 дм ² поверхности детали, ч	0,65	0,5
Технологическая себестоимость восстановления 1 дм ² поверхности, руб:		
- Всего,	3610688	3073982
- в т.ч. - заработная плата	27170	20900
- отчисления на социальные нужды	8151	6270
- материальные затраты	3446829	2927314
- амортизационные отчисления	16276	20867
- затраты на ремонт и ТО	7096	9098
- прочие затраты	105166	89533
Годовой экономический эффект, млн.руб	-	920,7
Сравнительная дисконтированная стоимость, млн.руб	-	4106
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет	-	0,2

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений определяется по формуле :

$$\Delta T = \Delta K / D_r,$$

где ΔK – дополнительные капиталовложения.

4. Расчет технико-экономической эффективности электромагнитной наплавки.

Рассмотрим конкретный пример ремонта цилиндрических деталей типа тел вращения с износом 0,25 мм на сторону по предлагаемой методике. Техничко-экономическую эффективность восстановления деталей оценим, сравнивая показатели наплавки проволокой Нп-30ХГСА в среде углекислого газа (базовый вариант) и электромагнитной наплавкой ферропорошка Р6М5К5 (проектируемый вариант).

Наплавка в среде углекислого газа включает операции предварительной обработки, наплавки, закалки токами высокой частоты и последующих шлифования и полирования. Новый вариант восстановления деталей требует выполнения следующих операций: предварительной обработки по удалению дефектного слоя поверхности, ЭМН порошка из быстрорежущей стали Р6М5К5, шлифования и полирования в номинальный размер до рекомендуемой в эксплуатации шероховатости поверхности.

При определении эффективности новой технологии подсчет затрат осуществлялся только для операций, претерпевших изменения после замены базового варианта предлагаемым. Поэтому в расчет не входили затраты на предварительную механическую обработку и операции шлифования и полирования.

При расчете экономической эффективности за основу расчетов принимались технологические затраты по восстановлению 1 дм² цилиндрической

поверхности деталей. Все расчеты выполнялись в ценах на 01.10. 99г и сведены в таблицу.

Разработанная выше методика определения годового экономического эффекта и себестоимости восстановления наплавкой изношенных деталей позволяет выбрать наиболее рациональный способ наплавки и может быть использована для расчетов в практической деятельности ремонтных предприятий.

Литература

1. Клименко Ю.В. Электроконтактная наплавка. – М.: Металлургия, 1978. – 128с.
2. Ящерицын П.И., Кожуро Л.М., Ракомсин А.П. и др. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле. – Мн.:ФТИ НАН Беларуси, 1997. – 416 с.
3. Витязь П.А., Ивашко В.С., Манойло Е.Д. и др. Теория и практика газопламенного напыления. – Мн.: Наука і тэхніка, 1993. – 295 с.
4. Витязь П.А., Ивашко В.С., Ильющенко А.Ф. и др. Теория и практика нанесения защитных покрытий. – Мн.: Беларуская навука, 1998. – 583 с.
5. Бориллов Ю.С., Харламов Ю.А., Сидоренко С.Л. и др. Газотермические покрытия из порошковых материалов. – Киев: Наукова думка, 1987. – 544с.
6. Штомпель Б.Н. Использование показателя приведенных затрат для оценки эффективности капитальных вложений в условиях рынка. //Агропанорама, №2, 1997.С. 24 – 25.