

Калмыков М. А.

Мелконов Г. Л.

Нечай Е. В.

Восточноукраинский
национальный
университет
имени Владимира Даля

УДК 621.9.048

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СНЯТИЯ ЗАУСЕНЦЕВ

В статье приведен расчет экономического эффекта от замены ручного снятия заусенцев вибрационным методом.

In the article the calculation of economic effect is resulted from replacement of hand removal of nicks-and-burrs by the vibratory method.

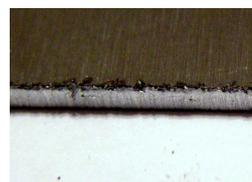
В связи с возрастающим объемом изготовления заготовок методами литья и штамповки растет соответственно объем работ по удалению облоя и заусенцев на указанных заготовках.

При обработке деталей машин на металлорежущих станках и прессах на выходе инструмента из зацепления с обрабатываемой поверхностью образуются заусенцы или острые кромки. При вырубке на заготовке образуется заусенец, имеющий сравнительно большую толщину у его основания, что связано с вытяжением металла. При фрезеровании толщина заусенца меньше, чем в первом случае и определяется режимами резания, а также прочностными характеристиками самого материала детали. При подходе зуба фрезы к границе обрабатываемой поверхности, когда необходимое усилие для пластической деформации оставшейся части металла становится меньше, чем усилие резания, происходит отгибание части металла. Обычно это происходит, когда толщина оставшегося металла становится меньше толщины стружки (рис. 1). Аналогичной является причина возникновения заусенцев при шлифовании [1].

Необходимость удаления заусенцев, скругления и полирования кромок вызвана требованиями условий эксплуатации или необходимостью создания требуемого товарного вида деталей.

Выполнение рассматриваемых операций встречает определенные затруднения вследствие многообразия и сложности форм поверхностей, на которых образуются заусенцы или острые кромки, а также трудности равномерного удаления малых

слоев металла на локализованных участках поверхности без образования новых заусенцев и острых кромок или искажения формы окончательно обработанных рабочих поверхностей.



а)

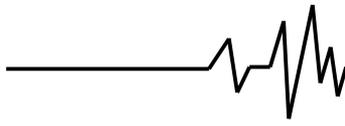


б)

Рис. 1. Внешний вид заусенцев:
а) заусенец на кромке стального листа толщиной 1,5 мм после лазерной резки;
б) заусенец на кромке шестерни после фрезерования

Особенно затруднено удаление заусенцев с деталей, изготовленных из пластичных материалов, таких как, например, сталь 12Х18Н10Т. Изогнутый к поверхности заусенец вытягивается и раскатывается по поверхности, увеличивая площадь, подлежащую обработке. Продолжительность процесса значительно возрастает, при этом возникает опасность нарушения геометрических размеров других элементов поверхности обрабатываемой детали.

Решение задачи по эффективной механизации очистных и отделочных операций позволяет высвободить рабочих от однообразного и утомительного труда, резко повысить производительность обработки и качество изделий.



Замена ручного снятия заусенцев напильниками на снятие заусенцев ручными электрическими машинками не является целесообразной, т.к. электрические машинки позволяют обрабатывать только прямые кромки, радиусы и отверстия диаметром от 22 мм, исключая возможность обработки отверстий малого диаметра [2]. К тому же время обработки остается практически таким же, но применяется более дорогой инструмент, износ которого происходит значительно быстрее, чем напильников, что приводит к возрастанию себестоимости обработки.

В традиционной технологии механической обработки детали классифицируют по форме образования поверхности, по наличию отверстий и др. Отличие вибрационной обработки состоит в том, что детали классифицируют по иным признакам. Учитываются масса детали, материал, форма детали с точки зрения не собирания их в пакеты, не сцепления друг с другом, т.к. это препятствует обработке соединенных поверхностей или приводит к их повреждению.

Технологический процесс вибрационной обработки должен обеспечивать заданные чертежом требования к качеству изделий при наименьшей себестоимости выпускаемой продукции и максимальной производительности.

Экономическую эффективность вибрационного снятия заусенцев можно определить путем сравнения технологической себестоимости двух вариантов обработки, а именно:

снятие заусенцев методом вибрационной обработки;

снятие заусенцев с поверхностей деталей вручную напильниками.

Проведем расчет технологической себестоимости вибрационного удаления заусенцев для деталей простой формы, удаление заусенцев с которых не является сложной и трудоемкой ручной операцией. Примеры деталей приведены на рис.2.



Рис. 2. Обрабатываемые детали:
а) уголки; б) пластики

Исходные данные для расчета экономической эффективности приведены в

табл. 1 (используются данные АОЗТ «Союзавто»).

Для определения количества вибрационных станков используем обычные методы, применяемые для расчета оборудования механических цехов, вводя в отдельных случаях небольшие изменения. В данном случае для обработки существующей номенклатуры достаточно взять 25-ти литровый станок. Однако учитывая, что 100-литровый вибрационный станок занимает площадь лишь на 0,28 м² больше, но позволяет обрабатывать заготовки большей длины, которые имеются в номенклатуре предприятия, принимаем для расчета последний.

Расчет экономической эффективности проводим по методике, принятой в НИЛ ОСА ВНУ им. В. Даля [3].

1. Количество вибрационных станков, необходимых для выполнения годовой производственной программы, определяем по формуле (1):

$$M_p = \frac{D}{d} \frac{Tl}{\Phi_d k_1 60}, \quad (1)$$

где M_p – расчетное количество вибрационных станков; D – количество деталей, подлежащих изготовлению в год; d – количество деталей, обрабатываемых в станке одновременно; T – время обработки одной загрузки контейнера на данной операции, мин; l – количество операций, которое проходит одна партия деталей в вибрационных (очистка, шлифование, полирование и т. д.) станках; Φ_d – действительный годовой фонд времени работы вибрационного станка, ч; k_1 – коэффициент, учитывающий ремонт оборудования.

Полное время T обработки одной партии (загрузки) деталей определится по формуле

$$T = t_m + t_{загр} + t_{выгр} + t_{сеп} + t_{обсл} + t_{з.р} + t_n, \quad (2)$$

где t_m – машинное время обработки партии деталей, мин; $t_{загр}$ – время загрузки абразивной массы и деталей в контейнер станка, мин; $t_{выгр}$ – время выгрузки абразивной массы и деталей из контейнера, мин; $t_{сеп}$ – время отделения (сепарирования) деталей от шлифовальных тел, мин; $t_{обсл}$ – время технического обслуживания вибрационного станка (смазка, настройка, регулировка и пр.), мин; $t_{з.р}$ – время заливки и слива рабочего раствора, мин; t_n – время, необходимое для нейтрализации

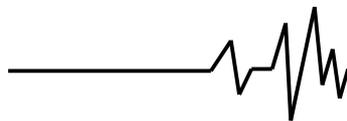


Таблица 1

Исходные данные для расчета экономической эффективности вибрационной обработки

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Количество
Годовая программа	D		270000
Уголки, швеллера, балки, полосы, днища		шт.	110000
Планки, пластики, скобы		шт.	160000
Количество одновременно обрабатываемых деталей:	d		
уголки		шт.	200
пластики		шт.	400
Полное время обработки одной загрузки:	T		
уголки			65
пластики			65
Штучное время обработки:	$t_{шт.}$		
уголки		мин.	0,325
пластики		мин.	0,1625
Тарифная ставка	Z'_m	грн/н-час	14,34
Разряд рабочего			2
Расходы на одну механическую ремонтную единицу	ρ_m	грн/ч	0,051
Расходы на одну электрическую ремонтную единицу	$\rho_э$	грн/ч	0,0616
Мощность двигателя вибрационного станка	$N_{эф}$	квт	2,14
Стоимость одного киловатт-часа	S	грн.	0,37375
Балансовая стоимость вибрационного станка	$C_{бал}$	грн.	20000
Объем контейнера вибрационного станка	U	л	100
Коэффициенты объемных соотношений	γ	-	1:5
Расход абразивных материалов	$q_{аб}$	л/мин	0,00008
Стоимость абразивного материала	$S_{аб}$	грн.	2,07
Объем раствора, заливаемого в контейнер	$U_{р.р}$	л	4
Стоимость одного литра рабочего раствора	S_p	грн.	0,082
Стоимость обработки поверхностей деталей до внедрения вибрационного удаления заусенцев (данные АОЗТ «Союзавто»)	$C_{суц}$	грн.	218592

абразивной среды и деталей от остатков рабочего раствора путем промывки их в контейнере, мин.

Отсюда штучное время удаления заусенцев равно:

$$t_{шт.} = \frac{T}{d}, \quad (3)$$

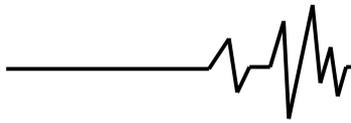
где d — количество деталей, одновременно загружаемых в контейнер, шт.

Действительный годовой фонд $\Phi_д$ времени работы вибрационного станка в одну смену составляет:

$$\Phi_д = \Phi_n q k_1, \quad (4)$$

где Φ_n — номинальный годовой фонд времени при работе оборудования в одну смену, $\Phi_n = 2040$ ч; q — количество рабочих смен в сутки; k_1 — коэффициент, учитывающий ремонт оборудования. Для вибрационных станков, которые работают в тяжелых условиях, рекомендуется в соответствии с накопленным опытом брать $k_1 = 0,7 - 0,8$.

Отсюда действительный годовой фонд времени работы вибрационного станка будет



равен:

при работе в одну смену: $\Phi_{\delta} = 1632 \text{ ч/год}$;

при работе в две смены: $\Phi_{\delta} = 3264 \text{ ч/год}$.

2. Технологическая себестоимость C_n вибрационного удаления заусенцев одной загрузки (партии деталей) составляет:

$$C_n = T(Z'_{p.o.} + C'_m + C'_{аб} + C'_p), \quad (5)$$

где T – время обработки одной загрузки (партии) деталей, мин; $Z'_{p.o.}$ – основная заработная плата рабочего, обслуживающего станок, за одну минуту его работы, грн.; C'_m – стоимость эксплуатационных расходов за одну минуту работы станка, грн.; $C'_{аб}$ – стоимость абразива, расходуемого за одну минуту работы станка, грн.; C'_p – стоимость рабочего раствора, расходуемого за одну минуту работы станка, грн.

3. Заработная плата $Z'_{p.o.}$ основных рабочих, обслуживающих вибрационный станок, за одну минуту работы равна:

$$Z'_{p.o.} = Z'_m k_n k_{\delta}, \quad (6)$$

где Z'_m – тарифная минутная ставка, грн.; k_n – коэффициент, учитывающий начисления на основную заработную плату, $k_n = 1,14$; k_{δ} – коэффициент, учитывающий доплаты за многостаночное обслуживание, $k_{\delta} = 1,15$.

4. Стоимость C'_m эксплуатационных расходов за одну минуту вибрационного станка составляет:

$$C'_m = C_{рем} + C_{эл} + C_{ам}, \quad (7)$$

где $C_{рем}$ – стоимость ремонта, приходящегося на одну минуту станка, грн.; $C_{эл}$ – стоимость электроэнергии, расходуемой за одну минуту работы станка, грн.; $C_{ам}$ – стоимость амортизационных отчислений, приходящихся на одну минуту работы станка, грн.

Стоимость $C_{рем}$ текущего ремонта и содержания станка, определенная из учета их ремонтной сложности, равна:

$$C_{рем} = \rho_m R_m + \rho_{\delta} R_{\delta}, \quad (8)$$

где ρ_m – расходы на одну ремонтную единицу механической части вибрационного станка за одну минуту его работы, грн.; R_m – количество механических ремонтных единиц; ρ_{δ} – расходы на одну ремонтную единицу электрической части вибрационного станка за одну минуту его

работы, грн.; R_{δ} – количество электрических ремонтных единиц.

По данным лаборатории обработки свободными абразивами ВНУ им. В. Даля, величины R_m и R_{δ} соответственно равны:

$$R_m = 8,0; \quad R_{\delta} = 6,0.$$

Стоимость $C_{эл}$ электроэнергии, расходуемой за одну минуту работы станка, определится по формуле

$$C_{эл} = \frac{DT N_{эф} S k_m}{d 60 \eta \Phi_{\delta} 60}, \quad (9)$$

где $N_{эф}$ – мощность электродвигателя для вибрационного станка с объемом контейнера 100 л, $N_{эф} = 2,14 \text{ кВт}$; S – стоимость одного киловатт-часа, грн.; η – к. п. д. двигателя, $\eta = 0,9$; k_m – коэффициент, учитывающий использование возможности двигателя вибрационного станка при установившемся режиме, $k_m = 0,4 \div 0,6$.

Обозначения остальных величин даны выше.

Стоимость амортизационных отчислений $C_{ам}$ на восстановление станка, приходящихся на одну минуту его работы:

$$C_{ам} = \frac{\Pi_m C_{бал} 100}{60 \Phi_{\delta}}, \quad (10)$$

где Π_m – процент амортизационных отчислений; $C_{бал}$ – балансовая стоимость станка с учетом транспортных и монтажных расходов, грн.

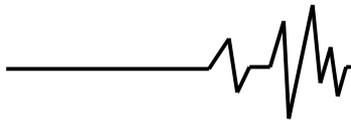
Учитывая, что вибрационные станки работают в тяжелых условиях эксплуатации и полностью выходят из строя через 6 – 7 лет, принимаем $\Pi_m = 15\%$.

5. Стоимость $C'_{аб}$ абразивного материала, расходуемого за одну минуту работы станка, составит

$$C'_{аб} = V_p k_{u.p} (1 - \gamma) q_{аб} S_{аб} k_{n.a}, \quad (11)$$

где V_p – объем контейнера, л; $k_{u.p}$ – коэффициент использования контейнера, $k_{u.p} = 0,7 \div 0,8$; γ – коэффициент объемного соотношения деталей и шлифованных тел, $\gamma = 1/3 \div 1/10$; $q_{аб}$ – расход абразивных материалов за одну минуту работы станка, л; $S_{аб}$ – объемная стоимость абразивного материала, грн./л; $k_{n.a}$ – коэффициент, учитывающий расходы по подготовке шлифовальных тел.

По данным научно исследовательской лаборатории обработки свободными абразивами ВНУ им. В. Даля, при использовании абразивов из боя



шлифовальных кругов и минералокерамики коэффициент $k_{п.а} = 1,17$; для искусственно сформованных шлифовальных тел $k_{п.а} = 1,5$.

6. Стоимость C'_p рабочего раствора, расходуемого за одну минуту работы станка, равна:

$$C'_p = v_{p.p} \frac{S_p}{T} k_{np}, \quad (12)$$

где $v_{p.p}$ – объем раствора, заливаемого в контейнер, л; T – время обработки партии деталей (одной загрузки контейнера), мин; S_p – стоимость одного литра рабочего раствора,

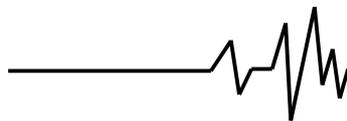
включая расход на приобретение компонентов и его приготовление, грн/л; k_{np} – коэффициент, учитывающий прочие затраты, связанные со сменой раствора, с промывкой контейнера и стоимостью воды, $k_{np} = 1,4 \div 1,5$.

Проведем расчет себестоимости удаления заусенцев с деталей вибрационным методом и сравним результаты со стоимостью существующей технологической операции. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблиця 2

Расчет себестоимости вибрационного удаления заусенцев деталей

Показатель	Обозначение	Номер расчетной формулы	Единица измерения	Расчет	Количество
Количество вибрационных станков для обработки:					
уголков	M	1	шт.	$\frac{110000 \times 65}{200 \times 1632 \times 0,8 \times 60}$	0,4564
платиков	M	1	шт.	$\frac{160000 \times 65}{400 \times 1632 \times 0,8 \times 60}$	0,3319
				0,4564+0,3319	0,7883
Всего			шт.		1
Заработная плата основных рабочих	$C'_{p.o}$	6	грн/мин	$\frac{14,34 \times 1,14}{60}$	0,2725
Стоимость текущего ремонта и содержания вибрационного станка	$C_{рем.}$	8	грн/мин	$\frac{0,051 \times 8 + 0,0616 \times 6}{60}$	0,013
Стоимость электроэнергии при изготовлении:					
уголков	$C_{эл.}$	9	грн/мин	$\frac{110000 \times 65 \times 2,14 \times 0,37375 \times 0,6}{200 \times 60 \times 0,9 \times 1632 \times 60}$	0,0032
платиков	$C_{эл.}$	9	грн/мин	$\frac{160000 \times 65 \times 2,14 \times 0,37375 \times 0,6}{400 \times 60 \times 0,9 \times 1632 \times 60}$	0,0024
Стоимость амортизационных отчислений на станок	$C_{ам.}$	10	грн/мин	$\frac{0,15 \times 20000 \times 100}{60 \times 1632}$	3,0637
Стоимость абразивного материала	$C'_{аб.}$	11	грн/мин	$100 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,00008 \times 2,07 \times 1,17$	0,0124
Стоимость рабочего раствора для обработки:					



уголков	C'_p	12	грн/мин	$4 \times \frac{0,082 \times 1,5}{65}$	0,0076
пластиков	C'_p	12	грн/мин	$4 \times \frac{0,082 \times 1,5}{65}$	0,0076
Стоимость эксплуатационных расходов для изготовления:					
уголков	C'_m	7	грн/мин	0,013 + 0,0032 + 3,0637	3,0799
пластиков	C'_m	7	грн/мин	0,013 + 0,0024 + 3,0637	3,0637
Технологическая себестоимость партии деталей:					
уголков	C'	5	грн/мин	65(0,2725+3,0799+0,0124+0,0076)	219,2034
пластиков	C'	5	грн/мин	65(0,2725+3,0790+0,0124+0,0076)	219,1458
Число партий деталей:					
уголков		-	шт.	110000:200	550
пластиков		-	шт.	160000:400	400
Себестоимость обработки деталей годовой программы		-	грн.	219,2034×550+219,1458×400	208220

Годовой экономический эффект Э от замены на данном предприятии ручного снятия заусенцев со штампованных деталей вибрационной обработкой составляет

$$\text{Э} = 218592 - 208220,1872 = 10371,8128 \text{ грн.}$$

Выводы: в действительности годовой экономический эффект будет значительно выше, что объясняется не только высвобождением 6-ти рабочих – слесарей, но и тем, что снижается влияние человеческого фактора на производственный процесс. При этом человек, обслуживающий вибрационный станок работает не полный рабочий день, его квалификация на 1 – 2 разряда ниже, что соответственно отражается на заработной плате, на себестоимости продукции. Этот же станок возможно использовать для выполнения других операций, например, вибрационного шлифования, полирования, подготовки изделий под покраску и покрытие.

Данный расчет подтвердил экономическую целесообразность замены ручного труда на снятии заусенцев вибрационным методом, даже для небольших партий. Однако это не единственная операция, которую можно заменить данным методом. При этом

возможно получить экономический эффект еще выше, чем в данном расчете, что обосновано тем, что будет заменено дорогостоящее оборудование, а именно ручные электрические машинки, стоимость которых на сегодняшний день составляет более 5500 грн. [2], на котором детали также обрабатываются единично, как и вручную.

В приведенном примере обрабатывались детали, склонные к слипанию, но при правильном подборе режимов обработки, применяемой футеровки для облицовки внутренней поверхности контейнера станка, выбора абразивной среды, становится возможной обработка плоских деталей, что расширяет технологические возможности вибрационной обработки.

Литература

1. Лубенская Л.М., Мелконов Г.Л., Ясуник С.Н., Зуев А.С. Анализ механизма удаления ликвидов вибрационным методом.
2. www.kromkorez.narod.ru
3. Карташов И.Н. и др. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах. - Киев: Вища школа, 1975. – 188 с