

УДК 621.774.72

**Горбач Е. В.
Паламарчук В. А.****ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ
ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ ОБКАТКИ КОНИЧЕСКИХ ДНИЩ**

Тангенциальная обкатка инструментом трения – это высокопроизводительный металлосберегающий технологический процесс [1]. Она представляет собой деформирование предварительно нагретого до ковочной температуры конца трубчатой заготовки профилированным инструментом, поступательно движущимся в направлении, перпендикулярном к оси вращения заготовки. По этой схеме при взаимодействии вращающейся заготовки с инструментом переменного профиля происходит постепенное деформирование конца заготовки до заданной формы. Достоинство процесса обкатки состоит в локализации очага деформации, что приводит к уменьшению силовых параметров процесса и расширению его технологических возможностей.

В промышленности методом тангенциальной обкатки получают корпуса амортизаторов автомобилей, газовые баллоны, корпуса фильтров, штоки гидроподъемников с шаровой опорой и т. п. Получать такие детали иными способами пластического деформирования очень сложно, а в ряде случаев вообще невозможно.

Качество и себестоимость выпускаемой продукции, получаемой тангенциальной обкаткой инструментом трения, в значительной степени связаны с износом инструмента. На износ инструмента трения влияет множество факторов, основными из которых являются свойства материалов инструмента и заготовки, состояние их поверхностей, температурный режим обкатки, удельные усилия, скорость относительного скольжения.

В работах В. Г. Капоровича [1, 2] проведен качественный анализ факторов износа инструмента и указаны общие рекомендации по повышению износостойкости инструмента.

В работе [3] предложена формула для вычисления линейного износа инструмента и получена критериальная зависимость интенсивности износа от ряда факторов, но не приведена математическая модель величины интенсивности износа инструмента трения для процесса обкатки.

В работах [4, 5] выведена зависимость линейного износа от параметров процесса обкатки и проанализировано распределение линейного износа инструмента для обкатки сферических днищ.

Цель работы – проанализировать распределение линейного износа по инструменту для обкатки конических днищ, спрогнозировать стойкость такого инструмента.

Важнейшей особенностью технологического процесса обкатки является его нестационарность и несимметричность. В процессе обкатки непрерывно изменяется толщина стенки обкатываемой заготовки, длина обкатываемого участка, размеры и положение в пространстве поверхности контакта заготовки с инструментом, энергосиловые параметры процесса. Следовательно, износ различных участков инструмента будет неодинаковым. Поэтому необходимо рассматривать последовательное движение заготовки вдоль инструмента и вычислять линейный износ каждого участка инструмента пооборотно.

В работе [4] выведена зависимость линейного износа от параметров процесса тангенциальной обкатки:

$$\Delta h = \frac{I_h \cdot b_{cp} \cdot \pi \cdot D_{cp} \cdot n_3 \cdot t}{l_u}. \quad (1)$$

где I_h – интенсивность линейного износа; b_{cp} – ширина площадки контакта; D_{cp} – диаметр заготовки, измеренный в центре приложения сил; n_s – частота вращения заготовки; t – время контакта участка инструмента и заготовки; l_u – длина инструмента трения.

Значения величин, входящих в зависимость (1) определяем следующим образом.

Зависимость интенсивности линейного износа от нагрузки при прочих постоянных факторах [6]:

$$I_h = Ap_{cp}^m, \quad (2)$$

Для конических днищ зависимость среднего давления металла на инструмент может быть представлена в виде [7]:

$$p_{cp} = 12,9 \cdot \mu^{0,8} \cdot \frac{s_0 \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{\sigma_s}}{(b_{cp})^{1,5}}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент трения; σ_s – сопротивление деформации; s_0 – начальная толщина стенки деформируемой заготовки; R – радиус обкатываемой заготовки.

Коэффициент трения вычисляем по формуле [7]:

$$\mu = 0,274 + 0,03 \cdot \frac{T - 925}{125} - 0,245 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{\frac{s_0}{D} - 0,121}{0,042}. \quad (4)$$

Сопротивление деформации σ_s зависит от угла наклона φ к оси заготовки текущей поверхности инструмента [1]:

$$\sigma_s = \sigma_{TH} + \frac{2 \cdot \varphi \cdot (\sigma_{TK} - \sigma_{TH})}{\pi}, \quad (5)$$

где σ_{TH} – сопротивление деформации в начале обкатки, σ_{TK} – сопротивление деформации в конце обкатки.

Геометрические параметры площади контакта находим по формулам [7]:

$$b_{cp} = \frac{F}{\rho_k}. \quad (6)$$

$$F = \frac{[R_0]^2}{4 \sin^2 \varphi} \sqrt{\frac{\Delta \varphi \cdot \cos \varphi}{2 \sin \varphi} \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot (\rho_k) \sin \varphi}{R_0} \right) - \frac{b_T}{2} \left[\frac{R_0}{2 \sin \varphi} - \rho_k \right]},$$

$$b_T = \sqrt{\frac{2 \cdot (\rho_k) \cdot \Delta \varphi}{\cos \varphi} \cdot (R_0 - (\rho_k) \cdot \sin \varphi)}, \quad (7)$$

$$D_{cp} = 2 \cdot b_c = \frac{8}{3\pi} b_T, \quad (8)$$

где R – текущий радиус заготовки; R_0 – исходный радиус заготовки, φ – текущий угол, ρ_k – длина образующей.

Вычислим линейный износ инструмента трения для обкатки конического днища диаметром 102 мм, толщиной стенки 6 мм, частота вращения заготовки 600 об/мин, температура нагрева заготовки 900°C, угол подъема образующей 2°/об, сопротивление деформации в начале обкатки $\sigma_{TH} = 12,3$ Мпа, сопротивление деформации в конце обкатки $\sigma_{TK} = 31,4$ Мпа из стали 25, коэффициенты уравнения интенсивности износа $A = 3 \cdot 10^{-11} 1/(\text{МПа})^m$, $m = 2,4151$ [5].

Результаты вычислений линейного износа для некоторых оборотов представлены в табл. 1 и проиллюстрированы на рис. 1.

Таблица 1

Линейный износ инструмента трения

Номер оборота	1	4	7	10	13	17	19	22
Линейный износ, $\cdot 10^{-5}$ мм	0,023	2,03	10,4	24,8	40,4	51,4	46,2	10,3

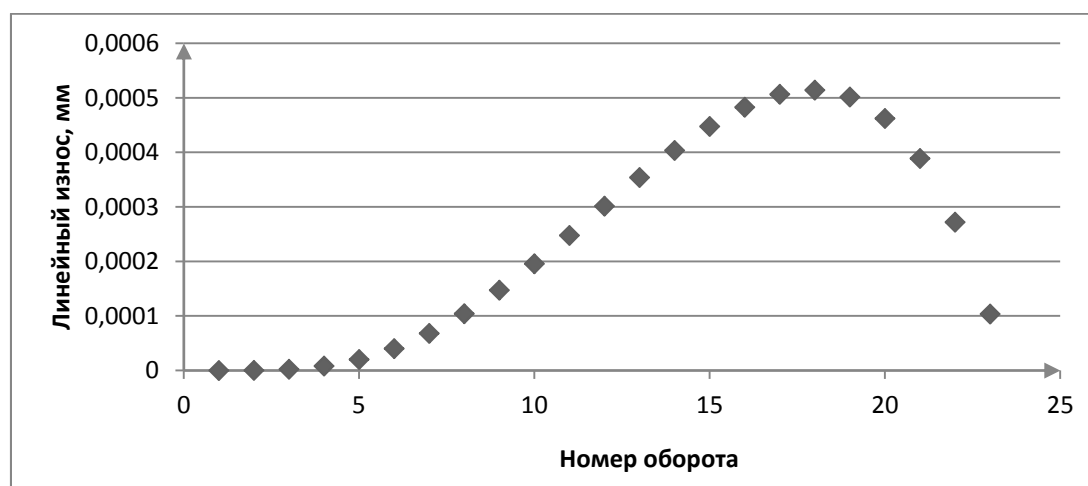


Рис. 1. Распределение линейного износа по длине инструмента

Таким образом, линейный износ по инструменту распределён неравномерно. Наибольший износ наблюдаем на участке инструмента, который соответствует подъёму образующей на 35° – 40° .

Количество обкатанных заготовок N одним инструментом до достижения предельного отклонения размера инструмента от номинального размера вследствие износа может быть вычислено по формуле:

$$N = \frac{\Delta h_{\max}}{\Delta h_{\max}^*} \quad (9)$$

где Δh_{\max} – максимально допустимое отклонение геометрических размеров инструмента от номинальных размеров, Δh_{\max}^* – наибольший линейный износ участка инструмента при одном проходе инструмента.

Максимально допустимое отклонение геометрических размеров инструмента для этого технологического процесса является 1,25 мм.

Наибольший линейный износ 0,000514 мм наблюдаем на участке инструмента, который соответствует подъёму образующей на 38° .

С помощью формулы (9) определим предположительную стойкость инструмента трения:

$$N = \frac{1,25}{0,000514} = 2431$$

Отсюда, предположительная максимальная стойкость инструмента трения не превышает 2400 обкатанных заготовок. Косвенно этот результат подтверждается данными промышленной эксплуатации обкатного инструмента при изготовлении роликов ленточных конвейеров [8], где стойкость комплекта инструментов, состоящего из двух частей, одна из которых предназначена для обкатки конических днищ, определена в 2000 заготовок.

ВЫВОДЫ

1. Линейный износ по инструменту при тангенциальной обкатке конических днищ распределён неравномерно. Наибольший износ наблюдаем на участке инструмента, который соответствует подъёму образующей на 30° – 40° .

2. Считая мерой стойкости инструмента трения количество обкатанных заготовок до достижения предельного отклонения размеров инструмента от номинального размера, была определена максимальная стойкость инструмента трения для обкатки конических днищ диаметром 102 мм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капорович В. Г. *Производство деталей из труб обкаткой* / В. Г. Капорович – М. : Машиностроение, 1978. – 136 с.
2. Капорович В. Г. *Обкатка в производстве металлоизделий* / В. Г. Капорович – М. : Машиностроение, 1973. – 168 с.
3. Капорович В. Г. *Стойкость инструмента для роторной обкатки трубчатых заготовок* / В. Г. Капорович, В. К. Удовенко, В. Г. Серeda // *Надёжность режущего инструмента*, Донецк, 1975, - Выпуск 2.
4. Горбач Е. В. *Исследование зависимости линейного износа инструмента трения от длины инструмента при горячей обкатке трубчатых заготовок* / Е. В. Горбач, В. Г. Серeda, В. А. Паламарчук // *Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2013. – № 3(36). – С. 190–194.*
5. Горбач Е. В. *Прогнозирование износостойкости инструмента для тангенциальной обкатки трубчатых заготовок* / Е. В. Горбач, В. А. Паламарчук, В. Г. Серeda // *Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2014. – № 1(38). – С. 204–209.*
6. Кузьменко А. Г. *Метод испытаний на износ по схеме «Вращающийся цилиндр-плоскость»* / А. Г. Кузьменко, О. П. Бабак // *Проблемы трибологии*, 2000. – № 2. – С. 116–124.
7. *Производство изделий машиностроения горячей обкаткой / под ред. В. С. Рыжикова, В. К. Удовенко – Краматорск : ДГМА, 2006. – 284 с. ISBN 966-379-067-9*
8. Паламарчук В. А. *Оптимизация технологического процесса изготовления деталей из трубчатых заготовок тангенциальной обкаткой инструментом трения : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 : защищена 21.04.88 / В. А. Паламарчук – Краматорск, 1988. – 17 с.*

REFERENCES

1. Kaporovich V. G. *Proizvodstvo detalej iz trub obkatkoj* / V. G. Kaporovich – M. : Mashinostroenie, 1978. – 136 s.
2. Kaporovich V. G. *Obkatka v proizvodstve metalloizdelij* / V. G. Kaporovich – M. : Mashinostroenie, 1973. – 168 s.
3. Kaporovich V. G. *Stojkost' instrumenta dlja rotornoj obkatki trubchatyh zagotovok* / V. G. Kaporovich, V. K. Udovenko, V. G. Sereda // *Nadjozhnost' rezhushhego instrumenta, Doneck, 1975, - Vypusk 2.*
4. Gorbach E. V. *Issledovanie zavisimosti linejnogo iznosa instrumenta trenija ot dliny instrumenta pri gorjachej obkatke trubchatyh zagotovok* / E. V. Gorbach, V. G. Sereda, V. A. Palamarchuk // *Obrabotka materialov davleniem : sbornik nauchnyh trudov. – Kramatorsk : DGMA, 2013. – № 3(36). – S. 190–194.*
5. Gorbach E. V. *Prognozirovanie iznosostojkosti instrumenta dlja tangencial'noj obkatki trubchatyh zagotovok* / E. V. Gorbach, V. A. Palamarchuk, V. G. Sereda // *Obrabotka materialov davleniem : sbornik nauchnyh trudov. – Kramatorsk : DGMA, 2014. – № 1(38). – S. 204–209.*
6. Kuz'menko A. G. *Metod ispytanij na iznos po sheme «Vrashhajushhij silindr-ploskost'»* / A. G. Kuz'menko, O. P. Babak // *Problemi tribologii*, 2000. – № 2. – S. 116–124.
7. *Proizvodstvo izdelij mashinostroenija gorjachej obkatkoj / pod red. V. S. Ryzhikova, V. K. Udovenko – Kramatorsk : DGMA, 2006. – 284 s. ISBN 966-379-067-9*
8. Palamarchuk V. A. *Optimizacija tehnologicheskogo processa izgotovlenija detalej iz trubchatyh zagotovok tangencial'noj obkatkoj instrumentom trenija : avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk : 05.03.05 : za-shhishhena 21.04.88 / V. A. Palamarchuk – Kramatorsk, 1988. – 17 s.*

Горбач Е. В. – аспирант ДГМА

Паламарчук В. А. – канд. техн. наук, доц. ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: vm@dgma.donetsk.ua