

ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ФИГУРНЫХ КОНЬКОВ

Л. М. АКУЛОВИЧ, Л. Е. СЕРГЕЕВ, В. Е. БАБИЧ, Е. В. СЕНЧУРОВ, В. В. ШАБУНЯ
Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Приведены результаты способа магнитно-абразивной обработки с использованием волокон механической щетки для финишной обработки сложнопрофильной поверхности полоза фигурных коньков.

Ключевые слова: финишная обработка, фигурные коньки, магнитно-абразивная обработка, электромагнитное поле, шероховатость.

Одним из наиболее распространенных видов спорта является фигурное катание. Полоз – рабочая часть фигурного конька – изготавливается из высокоуглеродистой и легированной стали типа У10А, 65Х13 и др. Согласно ГОСТ 22357-87 качество полоза должно соответствовать целому ряду требований. Например, для массовых фигурных коньков твердость полоза составляет 30 HRC, но на расстоянии от кромки по всей длине полоза на высоту 5 мм она уже составляет 54 HRC. Полоз коньков должен быть прямолинейным, а заточка – без выступов, заусенцев и завалов. Предельное одностороннее отклонение от прямолинейности по всей длине полоза – не более 0,2 мм. Для других типов коньков полоз должен иметь соответствующую (отличную от прямолинейной) форму, кривизну и ширину. Наличие специфического элемента в виде выпуклой части лезвия (рисунок 1), обеспечивающего выполнение сложных движений при проведении спортивных состязаний и тренировок, повышает себестоимость изготовления полоза конька.

Шероховатость по параметру Ra не должна превышать для боковых поверхностей полоза коньков 0,16 мкм при отсутствии зарубин, царапин и трещин. Достижение этих требований по качеству и наличие сложнопрофильной конфигурации полоза конька создает проблемы их финишной обработки и сопряжено с повышенной трудоемкостью.

В настоящее время существует множество способов финишной обработки полоза конька, однако каждый из них имеет ряд не-

достатков. Так, например, обработка шлифованием абразивными кругами требует частого профилирования (правки кругов), что приводит к большому расходу режущего абразивного материала. Основным недостатком эластичных кругов из войлока, фетра, текстильных материалов является невозможность использования смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). В результате это приводит к повышенному нагреву деталей. Кроме того, материалы эластичных кругов имеют слишком низкую стойкость. Абразивные ленты характеризуются наличием швов, которые нарушают их однородность и понижают прочность инструмента.

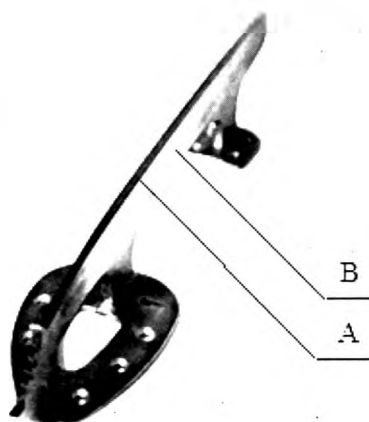


Рисунок 1. Фотография полоза фигурного конька: поверхность А – лезвие (кромка) полоза, поверхность В – опора лезвия

Электрополирование создает проблемы экологического характера, ему присущ большой расход электроэнергии, а также необходимо подбирать оптимальный по составу электролит. Вибрационная обработка не обеспечивает однородность показателя качества поверхности, особенно в труднодоступных местах. Проведенный анализ показывает, что в настоящее время актуальным является определение способа финишной обработки слож-

нопрофильных поверхностей, позволяющего обеспечить требуемые показатели качества поверхности.

Одним из вариантов финишной абразивной обработки полоза конька является магнитно-абразивная обработка (МАО). В роли рабочей технологической среды (РТС) выступает ферроабразивный порошок (ФАП), СОТС и электромагнитное поле (ЭМП) (рис. 2) [1, 2].

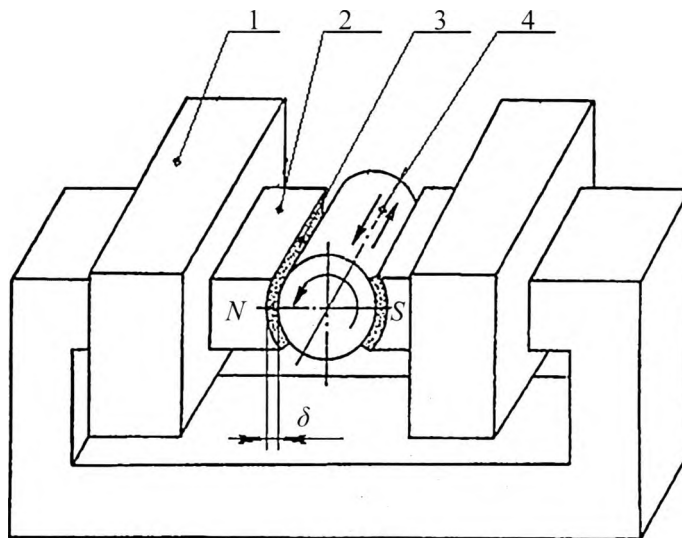


Рисунок 2. Схема МАО наружных цилиндрических поверхностей:
1 – электромагнитная система; 2 – полюсные наконечники; 3 – ФАП;
4 – обрабатываемая деталь

В качестве режущего инструмента, как правило, используется порошкообразная ферроабразивная щетка, создаваемая ЭМП. Однако, выявленные [3] закономерности формирования физико-механических свойств поверхности обрабатываемых деталей из ферро-, пара-, диамагнитных материалов и их геометрических характеристик при воздействии различных РТС позволили создавать новые классы инструментов. Так, в работе [4] представлена схема взаимодействия обрабатываемого изделия с механической щеткой в магнитном поле. Волокна этой щетки контактируют только в точке или дуге небольшой протяженности. Это существенно повышает давление в рабочей зоне и приводит к интенсификации съема материала. Кроме того, реализуется возможность обработки сложнопрофильных деталей путем применения одной технологической операции.

Известен также [5] полюсный наконечник для ЭМС, выполненный в виде собранных в пакеты ферромагнитных проволок, фиксируемых относительно друг друга для формирования рабочей зоны в соответствии с профилем обрабатываемой поверхности детали. Однако концентрация ФАП осуществляется только на торце этого наконечника, что не позволяет производить обработку боковых стенок деталей и переходных радиусов за один цикл. Другой попыткой решения данной проблемы обработки сложнопрофильных изделий является образование на рабочей поверхности полюсного наконечника различного рода рифлений [6]. Однако по мере удаления рифлений от торца наконечника величина магнитной индукции снижается. По этой причине в ходе протекания процесса МАО через некоторое время (10–15 с) концентрация ФАП на боковой поверхности резко уменьшается,

а размерный и массовый съем материала – прекращается.

Цель настоящей работы заключается в решении технологических проблем процесса MAO сложнопрофильной поверхности полоза конька для фигурного катания. Достижение данной цели осуществляется разработкой и созданием инструмента на основе механических щеток с использованием ФАП.

Исследования были проведены на установке ЭУ-5. На рисунке 3 представлена схема обработки и общий вид полюсного наконечника, изготовленного для осуществления процесса MAO. Полюсный наконечник ЭМС состоит из шпинделя установки 1, соединенного с сердечником 2, на котором находится механическая щетка 3 с волокнами 4, в рабочий зазор между обрабатываемым изделием 5 и волокнами подается смесь в виде ФАП 6 и СОТС. Волокна механической щетки 4 были выполнены из проволоки диаметром 0,16; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 мм ГОСТ 3282-74 (временное сопротивление разрыву – $\sigma_s = 300\text{--}350$ МПа).

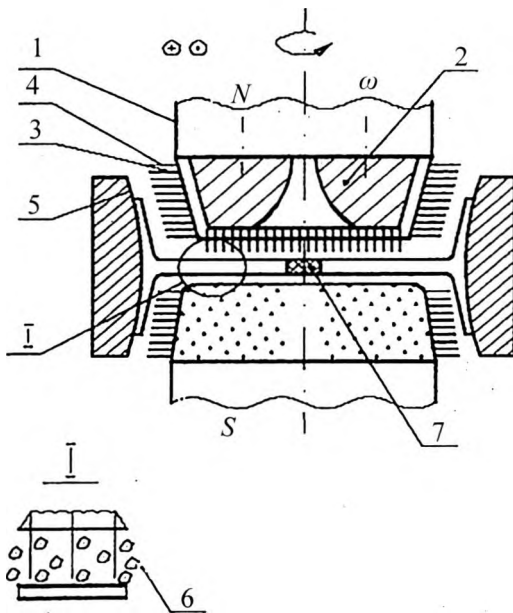


Рисунок 3. Схема MAO с применением механической щетки:

1 – шпиндель установки; 2 – сердечник ЭМС; 3 – механическая щетка; 4 – волокна механической щетки; 5 – обрабатываемая деталь; 6 – зерна ФАП; 7 – прокладка

В качестве образцов использовались полоз конька для фигурного катания (сталь У10А ГОСТ 1435-74), исходная шероховатость по-

верхности $Ra_1 = 1,2\text{--}1,4$ мкм. Режимы и параметры обработки: угловая скорость шпинделя $V_{\omega} = 50$ рад/с; магнитная индукция $B = 1$ Тл; скорость движения детали $V_d = 0,6$ м/мин; величина рабочего зазора $\delta = 1$ мм; время обработки $t = 60$ с. В качестве ФАП использовался Ж15КТ, зернистостью порошка $\Delta = 100/200$ мкм, СОТС – СинМА – 1, 3% водный раствор.

В рабочий зазор подается порция рабочей среды, которая под воздействием магнитного поля концентрируется на вершинах волокон механической щетки 4 и между ними, образуя при этом эластичный режущий инструмент. Шпиндель 1 установки ЭУ-5 вместе с полюсным наконечником приводится во вращение, механической щетке и рабочей среде сообщается возвратно-продольное и возвратно-поперечное осциллирующее движение, а движение детали 5 осуществляется возвратно-поступательно. Суперпозиция движений обеспечивает одновременную обработку фасонной поверхности полоза конька соответствующими элементами полюсного наконечника.

Данный комплекс движений создает микрорельеф поверхности в виде сетки, представляющей собой след от резания ферроабразивными зернами. В вертикальной плоскости контакт инструмента и детали происходит за счет продольного движения и поступательного – механической щетки. В этом случае формирование поверхности осуществляется по принципу работы попутного или встречного шлифования. Таким образом, время обработки каждой точки поверхности А полоза конька (рис. 1) является более продолжительным, чем при обработке поверхности В (рис. 1), что обеспечивает более интенсивный съем материала.

Анализ полученных результатов, представленных в таблице 1, показывает, что существует разница в значениях достигаемых показателей шероховатости при обработке поверхностей А и В поверхности, обусловленная продольным движением детали и вращением механической щетки.

В результате проведения экспериментальных исследований установлено, что наилучшая шероховатость поверхности полоза фигурного конька достигается при условии, что диаметр волокон механической щетки равняется 0,3 мм. Увеличение диаметра воло-

кон (0,4 и 0,5 мм) приводит, соответственно, к увеличению жесткости щетки. Уменьшение диаметра волокон (0,16 и 0,2 мм) увеличивает их податливость и понижает рабочее дав-

ление, что, в свою очередь, уменьшает съем материала (рис. 4). Расстояние между волокнами, обеспечивающее лучшие показатели, составляет 0,5–2 мм.

Таблица 1 – Шероховатость поверхностей в зависимости от параметров полюсного наконечника

| Вид устройства | Диаметр волокна, мм | Расстояние между волокнами, мм | Показатель шероховатости на поверхности А детали, Ra_1 , мкм | Показатель шероховатости на поверхности В детали, Ra_2 , мкм |
|---|---------------------|--------------------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Предлагаемый полюсный наконечник | 0,16 | 0,3 | 0,16 | 0,29 |
| | | 0,5 | 0,18 | 0,21 |
| | | 1,5 | 0,12 | 0,28 |
| | | 2 | 0,13 | 0,24 |
| | | 2,5 | 0,16 | 0,33 |
| | 0,2 | 0,3 | 0,14 | 0,26 |
| | | 0,5 | 0,16 | 0,2 |
| | | 1,5 | 0,11 | 0,21 |
| | | 2 | 0,11 | 0,24 |
| | | 2,5 | 0,15 | 0,32 |
| | 0,3 | 0,3 | 0,12 | 0,25 |
| | | 0,5 | 0,1 | 0,22 |
| | | 1,5 | 0,1 | 0,2 |
| | | 2 | 0,1 | 0,2 |
| | | 2,5 | 0,1 | 0,3 |
| | 0,4 | 0,3 | 0,17 | 0,37 |
| | | 0,5 | 0,15 | 0,27 |
| | | 1,5 | 0,14 | 0,27 |
| | | 2 | 0,16 | 0,27 |
| | | 2,5 | 0,12 | 0,34 |
| | 0,5 | 0,3 | 0,17 | 0,4 |
| | | 0,5 | 0,19 | 0,41 |
| | | 1,5 | 0,2 | 0,37 |
| | | 2 | 0,2 | 0,42 |
| | | 2,5 | 0,22 | 0,4 |
| Полюсный наконечник по схеме, представленной в работе [5] | Не приведены | | 0,37 | 0,59 |

Таким образом, в результате проведенных исследований предложен способ магнитно-абразивной обработки полоза фигурных коньков с использованием в качестве режущего инструмента волокон механической щетки

диаметром 0,3 мм. Данный инструмент позволяет расширить технологические возможности способа MAO при обработке деталей, имеющих сложнопрофильную поверхность.

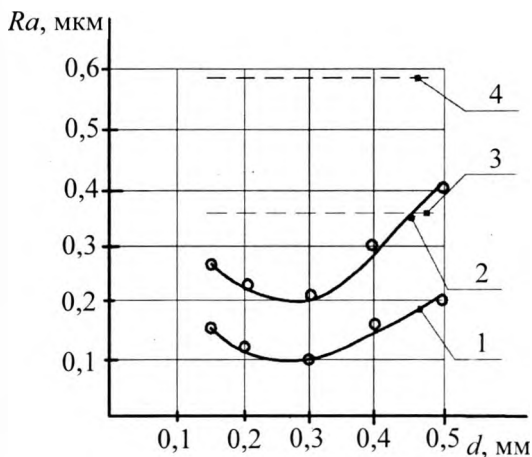


Рисунок 4. Зависимость шероховатости поверхности от диаметра волокон механической щетки при расстоянии между волокнами 1,5 мкм: 1 – на поверхности А; 2 – на поверхности В; 3 – шероховатость поверхности А из источника [5]; 4 – шероховатость поверхности В из источника [5]

ЛИТЕРАТУРА

1. Сакулевич Ф. Ю. Основы магнитно-абразивной обработки – Минск : Наука и техника, 1981.
2. Скворчевский Н. Я., Федорович Э. Н., Ящерицын П. И. Эффективность магнитно-абразивной обработки. – Минск : Наука и техника, 1991.
3. Акулович Л. М., Сергеев Л. Е., Лебедев В. Я. Основы магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей. – Минск : БГАТУ, 2012.
4. Скворчевский Н. Я. Научные основы повышения эффективности магнитно-абразивной обработки созданием сверлильных магнитных полей и технологических сред : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Минск : БГПА, 1994.

5. А. с. 356705 СССР, МПК6 НО1F 41/02. Полюсный наконечник для электромагнита / Б. А. Иоффе, А. А. Шевченко ; заявитель и патентообладатель Институт физики АН Латвийской ССР. – № 1289062/25-8 ; заявл. 25.12.1968 ; опубл. 30.11.1972. – Бюл. № 32.
6. А. с. 428929 СССР, МПК6 В 24 В 31/10. Полюсные наконечники электромагнита / Б. П. Борисов, Г. С. Шулев, А. М. Штейнберг ; заявитель и патентообладатель Калининградский институт рыбной промышленности и хозяйства. – № 1807523/25-8 ; заявл. 10.02.1972 ; опубл. 25.05.1974. – Бюл. № 19.

Акулович Леонид Михайлович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология металлов», Белорусский государственный аграрный технический университет: Республика Беларусь, 220023, г. Минск, просп. Независимости, 99.

Сергеев Леонид Ефимович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология металлов», Белорусский государственный аграрный технический университет: Республика Беларусь, 220023, г. Минск, просп. Независимости, 99.

Бабич Виталий Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология металлов», Белорусский государственный аграрный технический университет: Республика Беларусь, 220023, г. Минск, просп. Независимости, 99.

Сенчуrow Евгений Витальевич, ст. преподаватель кафедры «Технология металлов», Белорусский государственный аграрный технический университет: Республика Беларусь, 220023, г. Минск, просп. Независимости, 99.

Шабуня Виктория Васильевна, ассистент кафедры «Технология металлов», Белорусский государственный аграрный технический университет: Республика Беларусь, 220023, г. Минск, просп. Независимости, 99.

*Тел.: (375-17) 267-47-71
E-mail: miklush@tut.by*

FINAL POLISHING OF FIGURE SKATES' SURFACES

Akulovich Leonid Mikhailovich, Dr. of Tech. Sci., Prof. of "Technology of metals" department, Belarus State agrarian technical university, The Republic of Belarus.

Sergeev Leonid Efimovich, Cand. of Tech. Sci., Ass. Prof. of "Technology of metals" department,

Belarus State agrarian technical university, The Republic of Belarus.

Babich Vitaliy Evgenievich, Cand. of Tech. Sci., Ass. Prof. of "Technology of metals" department, Belarus State agrarian technical university, The Republic of Belarus.

Senchurov Evgeniy Vitalievich, senior lecturer of "Technology of metals" department, Belarus State agrarian technical university. The Republic of Belarus.

Shabunya Viktoria Vasilyevna, assistant lecturer of "Technology of metals" department, Belarus State agrarian technical university. The Republic of Belarus.

Keywords: final polishing, figure skates, magnetic-abrasive treatment, electromagnetic field, roughness.

The work presents the results of the method of magnetic-abrasive treatment with the usage of mechanical brush fibers for the final polishing of a complex-profile surface of figure skates' blades.
