

УДК 621.91.01

В. Ю. НАСКЕВИЧ, А. А. КАЗЬМИН, Е. В. МИШКЕЛЬ

ТЕХНОЛОГИЯ ОСЕВОЙ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «СТУПИЦА»

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы

(Поступила в редакцию 25.09.2014)

Введение. В работе машиностроительных предприятий большую роль играет выбор рациональных условий эксплуатации режущих инструментов. От этого в значительной степени зависят производительность труда, возможность автоматизации технологических процессов и экономические показатели эффективности обработки. На современных машиностроительных предприятиях потребляют тысячи типоразмеров разнообразных режущих инструментов. При этом в ряде случаев значительная доля общего парка станков используется для производства инструментов специальных конструкций. Говоря о рациональных условиях эксплуатации инструментов, обычно подразумевают такие условия, при которых наряду с высокими производительностью и качеством изделий обеспечивается низкая себестоимость обработки за счет незначительного удельного расхода режущих инструментов [1].

В современном машиностроении стоимость режущих инструментов составляет 2–10% от общей себестоимости изготовления детали. Однако их правильный выбор может значительно влиять на целый ряд показателей:

увеличение режимов резания, что повышает производительность и снижает себестоимость обработки;

резание в условиях сверхскоростной обработки;

сокращение численности обслуживающего персонала;

сокращение времени замены инструмента;

увеличение периодов стойкости инструмента;

сокращение количества используемого инструмента;

расширение технических ограничений процесса обработки;

повышение качества обработанной поверхности [2, 3].

Для изготовления отверстия в деталях машин применяют осевой режущий инструмент. Большое внимание при выборе инструмента следует уделять материалу и геометрии режущих поверхностей. В последнее время на ряде предприятий используется осевой инструмент, изготовленный из твердого сплава, за счет наличия в структуре тугоплавких карбидов твердосплавный инструмент обладает высокими твердостью (73–76 HRC), теплостойкостью (800–1000 °С), поэтому данными инструментами можно работать со скоростями, в несколько раз превышающими скорости резания по сравнению с инструментами из быстрорежущих сталей.

Высокие скорости обработки способствуют росту температуры в зоне резания, что в свою очередь увеличивает износ инструмента. Одной из главных задач при обработке металлов резанием является выбор оптимальных параметров, при которых будут достигнуты максимальные стойкость инструмента и производительность обработки.

Технологический процесс получения отверстий с высокими степенью точности и качеством обработанной поверхности включает в себя следующие операции: центрирование, сверление и зенкерование. Современный режущий инструмент позволяет совместить все операции в одну, что дает возможность увеличения производительности обработки и уменьшения затрат на нее.

Цель настоящей статьи – исследование влияния режимов обработки на стойкость инструмента и ее производительность; подбор оптимальных режимов резания, обеспечивающих максимальную производительность и стойкость инструмента при получении отверстия по 9-му качеству точности. Завершающий этап исследования – технология обработки отверстия и доказательство эффективности применения современного инструмента из твердого сплава.

Материалы и методы исследования. Для обработки ступицы эпицикла трактора МТЗ при получении отверстия диаметром 14,7 мм используется технологический процесс обработки (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Технологический процесс

Операция	Получаемый диаметр отверстия, мм
Центрование	4
Сверление	13,7 Н12
Зенкерование	14,6 Н10

Для проведения испытаний применялся сверлильный станок с ЧПУ типа 2С150ПМФ-4 с наружным подводом СОЖ. Технические характеристики станка приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Основные технические характеристики станка

Параметр	Величина
Пределы диаметров сверления, мм	5–50
Наибольший диаметр растачивания, мм	160
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	28–4500

Ступица эпицикла (рис. 1) входит в состав заднего моста трактора и установлена в рукаве полуоси колеса. Она служит для взаимодействия с коронной шестерней планетарного механизма конечной передачи. Данное изделие предназначено для комплектации узлов и замены соответствующих запчастей в тракторах производства Минского тракторного завода.

Исходные данные: обрабатываемый материал – сталь 40Х ГОСТ 4543–71. Химический состав материала, %: С – 0,36–0,44; Si – 0,17–0,37; Mn – 0,5–0,8; Ni до 0,3; S до 0,035; P до 0,035; Cr – 0,8–1,1; Cu до 0,3; Fe~97 [4].

Инструмент по базовому варианту технологического процесса [5]:

1. Сверло центровочное диаметром 4,0 ГОСТ 14952–75. Материал режущей части – быстрорежущая сталь Р6М5.

2. Сверло спиральное диаметром 13,7 ГОСТ 10903–77. Материал режущей части – быстрорежущая сталь Р6М5. Получаем отверстие по 11–12-му качеству точности.

3. Зенкер диаметром 14,75 ГОСТ 12489–71. Материал режущей части – быстрорежущая сталь Р6М5. Применяется для окончательной обработки цилиндрических отверстий по 9–10-му качеству точности.

Стоимость инструмента по базовому варианту технологического процесса на 15 декабря 2014 года (по данным ООО «СнабИндустрия», стоимость приведена без НДС):

сверло центровочное диаметром 4,0 Р6М5, ГОСТ 14952–75 – 29320 руб.;

сверло спиральное диаметром 13,7 Р6М5 ГОСТ 10903–77 – 73 000 руб.;

зенкер диаметром 14,75 Р6М5 ГОСТ 12489–71 – 89 440 руб.

Суммарная стоимость инструмента по базовому варианту составляет 191 760 руб.(без НДС).

Предложенная альтернатива – сверло модели серии DRILL RUSH: TCD 140-149-16Т3, головка к нему TCD-147-Р [6]. Материал режущей части – твердый сплав ТТ9080.

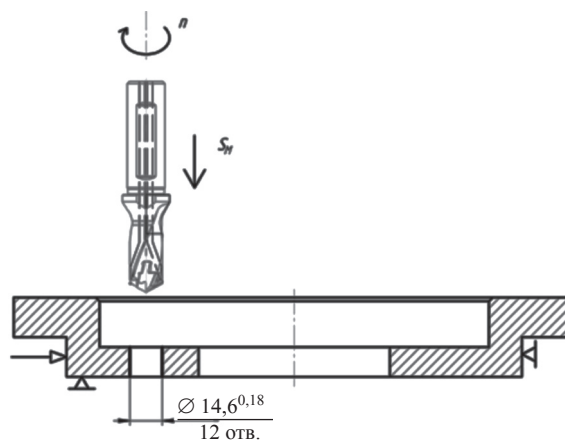


Рис. 1. Схема осевой обработки ступицы



Рис. 2. Максимальный износ сверлильной головки серии DRILL RUSH

Сверло серии DRILL RUSH конструктивно состоит из двух элементов: корпуса и механически крепящейся к нему режущей быстросменной твердосплавной головки. Специальное износостойкое покрытие, наносимое на сверло методом PVD, увеличивает срок службы корпуса сверла до 50% [6]. Инструмент данной серии позволяет совмещать операции центrovания, сверления, зенкерования за счет своей уникальной геометрии режущей поверхности, а также точности изготовления самого инструмента. По заявленным производителем техническим характеристикам сверла серии DRILL RUSH позволяют получать отверстия до 7-го качества точности с параметром шероховатости Ra 3,2 мкм.

Предельно допустимый износ сверлильной головки серии DRILL RUSH при проведении испытаний [6]:

1. Максимальный износ по передней поверхности 0,2–0,3мм (рис. 2).
2. Увеличение мощности, затрачиваемой на процесс резания (на 25%).
3. Увеличивающиеся шум и вибрация.

Стоимость сверла серии DRILL RUSH на 15 декабря 2014 года (по данным официального представителя в РБ ОДО «Твинг-М», стоимость приведена без НДС) составляет:

сверло TCD 145-149-16T3-5D – 1 268 876 руб.;

пластина TCD-147-P TT9080 – 850 320 руб.

Суммарная стоимость (сверла и пластины к нему) составляет 2 119 196 руб. (без НДС).

Результаты и их обсуждение. Одной из основных характеристик обрабатываемого инструмента является стойкость. Под стойкостью понимается период времени, в течение которого инструмент сохраняет свои режущие свойства до переточки или замены. Для определения времени обработки 12 отверстий по базовому варианту установлены следующие режимы резания в соответствии с рекомендациями [5]. Значения периода стойкости по базовому варианту представлены в табл. 3. Время, затрачиваемое на обработку, принимаем со стойки системы ЧПУ (табл. 4).

Т а б л и ц а 3. Период стойкости инструмента по базовому варианту

Инструмент	Стойкость, мин	Количество изготовленных деталей/отверстий
Центровочное сверло	35	12/144
Сверло	45	3/36
Зенкер	90	12/144

Т а б л и ц а 4. Режимы резания по базовому варианту

Параметр	Режущий инструмент		
	Сверло центровочное	Спиральное сверло	Зенкер
Скорость резания, м/мин	10	10	13
Подача на оборот, мм/об	0,08	0,25	0,26
Минутная подача, мм/мин	70	60	80
Глубина резания, мм	2,0	6,85	0,45
Диаметр инструмента, мм	4,0	13,7	14,6 ^{+0,18}
Время на обработку 12отв., мин	2,7	12,3	7,1
Суммарное время, мин	22,1	22,1	22,1

По альтернативному варианту с использованием сверла серии DRILL RUSH режимы обработки, согласно рекомендациям производителя [6], будут следующие: скорость резания 70–110 м/мин; подача до 0,35 мм/об.

Определим оптимальную зону резания. Последняя должна включать в себя максимальную стойкость режущего инструмента и наибольшую производительность. Однако в диапазоне, заданном изготовителем, период стойкости сверла значительно изменяется. Данные испытаний приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5. Стойкость сверла серии DRILL RUSH

Скорость, м/мин	Количество обработанных деталей					
	Подача, мм/об					
	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
70	300	285	270	270	260	255
80	285	285	270	270	265	255
85	285	280	270	260	255	250
90	275	275	270	265	265	250
95	270	265	260	250	250	245
100	265	250	240	230	230	220
110	250	240	230	200	190	190

Результаты испытаний показывают, что при минимальных подаче и скорости резания стойкость будет максимальной, но при таких условиях время на обработку будет значительно увеличиться по сравнению с работой на максимальных режимах. Однако рост скорости и подачи ведет к уменьшению стойкости режущего инструмента.

Время на обработку одной ступицы (12 отверстий) в зависимости от режимов резания в диапазонах 70–110 м/мин; 1–0,35 мм/об приведено в табл. 6.

Т а б л и ц а 6. Машинное время при обработке 12 отверстий (с)

Скорость, м/мин	Подача, мм/об					
	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
70	130,8	97,2	80,4	70,3	63,6	58,8
75	124,5	93,0	77,3	67,8	61,5	57,0
80	118,9	89,3	74,5	65,6	59,6	55,4
85	114,0	86,0	72,0	63,6	58,0	54,0
90	105,6	80,4	67,8	60,2	55,2	51,6
95	102,0	78,0	66,0	58,8	54,0	50,6
100	98,7	75,8	64,4	57,5	52,9	49,6
105	95,7	73,8	62,9	56,3	51,9	48,8
110	93,0	72,0	61,5	55,2	51,0	48,0

Рост режимов обработки позволяет значительно повысить производительность. Таким образом, при увеличении скорости резания и подачи можно повысить производительность больше чем в 5 раз. Однако увеличение режимов обработки вызывает уменьшение стойкости инструмента. Обработка будет оптимальной при максимальных стойкости инструмента и производительности (рис. 3).

Из приведенных данных следует, что в зоне оптимального режима резания стойкость одной сверлильной головки серии DRILL RUSH находится в пределах 240–260 обработанных ступиц.

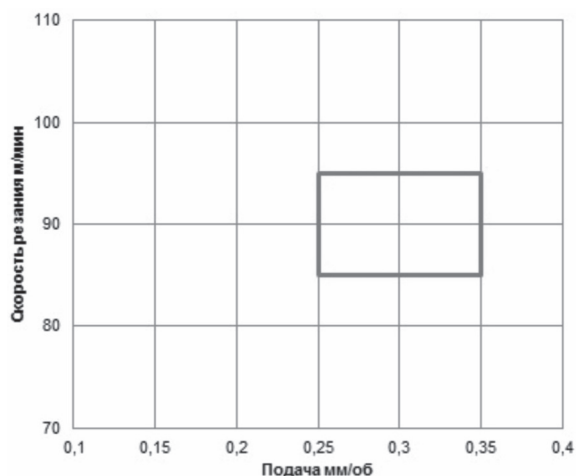


Рис. 3. Оптимальная зона резания

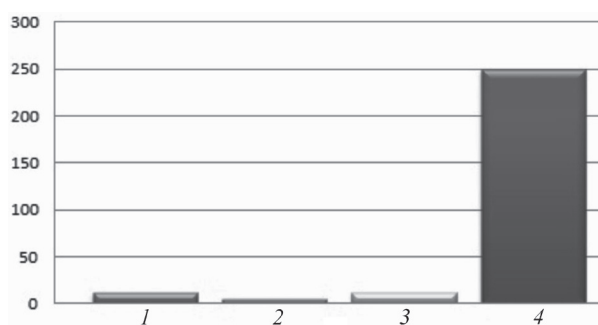


Рис. 4. Диаграмма стойкости инструмента: 1 – центровочное сверло; 2 – сверло; 3 – зенкер; 4 – сверло серии DRILL RUSH

Стойкость инструмента по предложенному варианту в 20–80 раз превышает стойкость базового варианта технологического процесса обработки (рис. 4), а производительность операции сверления 12 отверстий увеличивается в 24 раза.

Приведенные данные свидетельствуют о значительном увеличении производительности операции сверления ступицы эпицикла, эффективности исследований и перспективности применения инструмента из твердого сплава серии DRILL RUSH. Обработка ступицы эпицикла является типовой. Результаты исследования могут быть использованы в области обработки металлов резанием для получения отверстий с высокой производительностью.

Выводы

1. Технологический процесс обработки ступицы эпицикла трактора МТЗ при получении отверстия диаметром $14,6^{+0,18}$ мм с использованием инструмента из твердого сплава серии DRILL RUSH позволяет увеличить производительность в 24 раза по сравнению с базовым вариантом обработки (центрование, сверление, зенкерование).

2. Стойкость инструмента из твердого сплава серии DRILL RUSH превышает стойкость центровочного сверла в 15–25 раз, спирального сверла в 63–100 раз, зенкера в 15–25 раз.

3. Оптимальные режимы обработки инструмента из твердого сплава серии DRILL RUSH определены в диапазонах 85–95 м/мин, 0,25–0,35 мм/об.

Литература

1. Фельдштейн Е. Э., Корниевич М. А., Михайлов М. И. Режущий инструмент. Мн., 2007.
2. Фельдштейн Е. Э., Корниевич М. А. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Мн., 2008.
3. Byrnel G., Dornfeld D. // *Advancing Cutting Technology*. 2003. Vol. 52, N 2. P. 483–509.
4. ГОСТ 4543–71.
5. Каталог ОАО «Оршанский инструментальный завод».
6. Каталог «TaeguTec».

V. Yu. NASKEVICH, A. A. KAZMIN, E. V. MISHKEL

A TECHNOLOGY OF AXIAL MACHINING OF A HUB-TYPE PART WITH A HIGH PERFORMANCE TOOL

Summary

Basic technological process of producing holes in the hub of the epicycle MTZ using the tool: center drill, twist drill, countersink is analyzed. Modes are chosen for the base treatment process and the tool life was measured. The tests of the instrument with a modified geometry series DRILL RUSH are conducted. The optimal treatment regimens are found and the tool life is measured. It was found that in the area of optimum cutting resistance the life of one of the drill head series DRILL RUSH is within 240–260 machined hubs. Significantly higher than the tool life for the base variant 20–80 times. A performance of the drilling operation for 12 holes is increased by 24 times.