

УДК 621.951.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ МНП

© 2020 Н.В. Носов, С.Н. Балакиров, А.Р. Нигматуллин

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 12.05.0020

В статье приводятся результаты исследования технико-экономических показателей работоспособности восстановленных МНП при обработке сталей. В качестве оценки работоспособности режущей грани пластины принимались два критерия оценки: скорость потери стоимости грани K_m в €/см³ и стоимость снятия 1 м³ стружки $S(1м^3)$ в € при чистовом и черновом точении. Разработана методика получения максимальной производительности процесса при минимальной стоимости восстановленных пластин. Проведены сравнительные испытания покупных и восстановленных пластины в опытно-промышленных условиях. В результате проведённых экспериментальных исследований установлено, что при чистовом точении потеря стоимости грани пластины K_m в 3-4 раза ниже у восстановленных пластин, чем у покупных. При работе на черновых режимах восстановленные пластины критерий K_m в 2-2,5 раза меньше.

Ключевые слова. Точение, режимы резания, форма передней поверхности, покрытие, многогранные неперетачиваемые пластины, восстановление, износостойкость, технико-экономические критерии.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-3-56-61

ВВЕДЕНИЕ

Одним из существенных способов снижения себестоимости продукции является применение высокопроизводительного и вместе с тем максимально дешёвого режущего инструмента [1-4]. Поскольку производительность и дешевизна понятия противоположные (применительно к инструменту), то всегда существует необходимость поиска «оптимального» варианта. Оценка эффективности МНП связана с тем, что на рынке представлено огромное количество фирм-производителей данного металлорежущего инструмента. Большое число МНП требуют конкретного подхода к оценке конкурентности их применения на различных технологических операциях [5]. Практика использования пластин показывает, что в зависимости от глубины резания t при черновых, получистовых и чистовых режимах резания эффективность их применения изменяется [6].

Рассмотрим применение МНП при чистовой и черновой обработке стали 09Г2С на токарно-карусельном станке с ЧПУ 1А512Ф3.

Чистовая обработка соответствовала производительности Q от 20 см³/мин до 50 см³/мин с

Носов Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты». E-mail: nosov@samgtu.ru.

Балакиров Сергей Николаевич, аспирант, инженер-технолог 2 категории, ОАО «Авиаагрегат».

E-mail: s.balakirov@yandex.ru

Нигматуллин Альмир Рафаэлевич, директор Центра разработки и производства «Перспектива», СамГТУ.

E-mail: nigmatullin.ar@samgtu.ru

режимами: $V_p = 200$ м/мин, $s =$ от 0.2 мм/об до 0,5 мм/об, $t = 0,5$ мм;

Черновая обработка позволяет получать Q от 70 см³/мин до 180 см³/мин, что соответствует следующим режимам: $V_p = 120$ м/мин, $s =$ от 0.2 мм/об до 0,5 мм/об, $t = 3$ мм.

Производительность процесса Q см³/мин определялась как:

$$Q = V_p \cdot s \cdot t,$$

где V_p – скорость резания, м/мин; s – подача мм/об; t – глубина резания, мм.

Для оценки эффективности процесса точения определялась экономическая целесообразность использования МНП по двум критериям:

- скорость потери стоимости грани K_m в €/см³;
- стоимость снятия 1 м³ стружки $S(1м^3)$ в €.

Величина K_m показывает сколько средств, вложенных в покупку режущей грани, теряется после снятия каждого 1 см³ материала и рассчитывалась по следующей формуле:

$$K_m = Si / Q \cdot t_{cm},$$

где Q , скорость снятия стружки (производительность), см³/мин;

t_{cm} , стойкость одной грани пластины, мин;

Si , цена каждой режущей грани (кромки) пластины, €.

Стойкость испытываемой режущей грани определялась как:

$$t_{cm} = V_m / Q, \text{ мин},$$

где V_m – объём стружки, снятый одной гранью с каждой обработанной заготовки в см³.

Величина $V_m = 500 \pi (d_1 + d_2) \cdot t \cdot l$ (см³), где d_1 и d_2 – диаметры заготовки до и после обработки в мм, l – длина обработанной поверхности в мм, t – в мм.

Зная рыночную стоимость пластины, а также зная количество режущих граней (кромки) режущего инструмента, вычисляется стоимость одной грани как отношение стоимости инструмента к количеству его граней.

$$S_i = S/n,$$

где S – рыночная стоимость пластины от производителя;

n – количество режущих кромок.

Величина $S(1м^3)$ показывает сколько финансовых средств придётся затратить производству, чтобы удалить лишний материал (припуск) суммарным объёмом $1м^3$ с заготовок из одинакового материала, если работать пластиной S_i со стойкостью $t_{ст}$ и производительностью Q на станке при стоимости одного нормочаса работы станка $S_{нч}$.

$$S(1м^3) = 10^6 / Q (S_{нч} / 60 + S_i / t_{ст}), \text{ €}.$$

Амортизация станка и труд наладчика по замене МНП включены в стоимость нормочаса.

Сравнение $S(1м^3)$ и K_m полученных при производственных испытаниях позволит выявить наиболее эффективный инструмент (МНП), который работает как с максимальной производительностью, так и с минимальной стоимостью.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНП

Предложена методика получения максимальной производительности процесса точения при минимальной стоимости инструмента от применения покупных, восстановленных непе-

ретачиваемых пластины с покрытием и без него в опытно-промышленных условиях [7- 9].

Следует отметить, что в данной методике не учитывались следующие факторы: жёсткость СПИД, качество СОЖ, износ оборудования, человеческий фактор, стабильность физико-химических свойств металла и пр.

Проведены серии экспериментов, в которых устанавливали единые режимы чистового точения для покупных, восстановленных непетачиваемых пластины с покрытием и без него: глубиной резания $t = 0,5$ мм, подачей $s = 0,2 - 0,5$ мм/об, скоростью резания $V_p = 200$ м/мин. Средняя стоимость 1-го нормочаса работы токарно-карусельном станке с ЧПУ 1А512Ф3 составила $S_{нч} = 73$ €.

Исходные данные расчета K_m при производительности $Q_1 = 20$ см³/мин:

Покупная пластина №1 - стоимость грани $S_{ia} = 1,9$ €.

Переточенная пластина (без покрытия) №2 стоимость грани $S_{ia} = 0,34$ €.

Переточенная пластина (с покрытием) №3 со стоимостью грани $S_{ia} = 0,69$ €.

Результаты испытаний пластин приведены на рисунках 1, 2.

Из приведенных данных видно, что с увеличением подачи стойкость покупных пластин увеличилась с 22 до 32 мин, а стойкость восстановленных уменьшилась с 25 до 16 мин. Применение покрытия из TiN для восстановленных пластин повысило стойкость на 15-25 %.

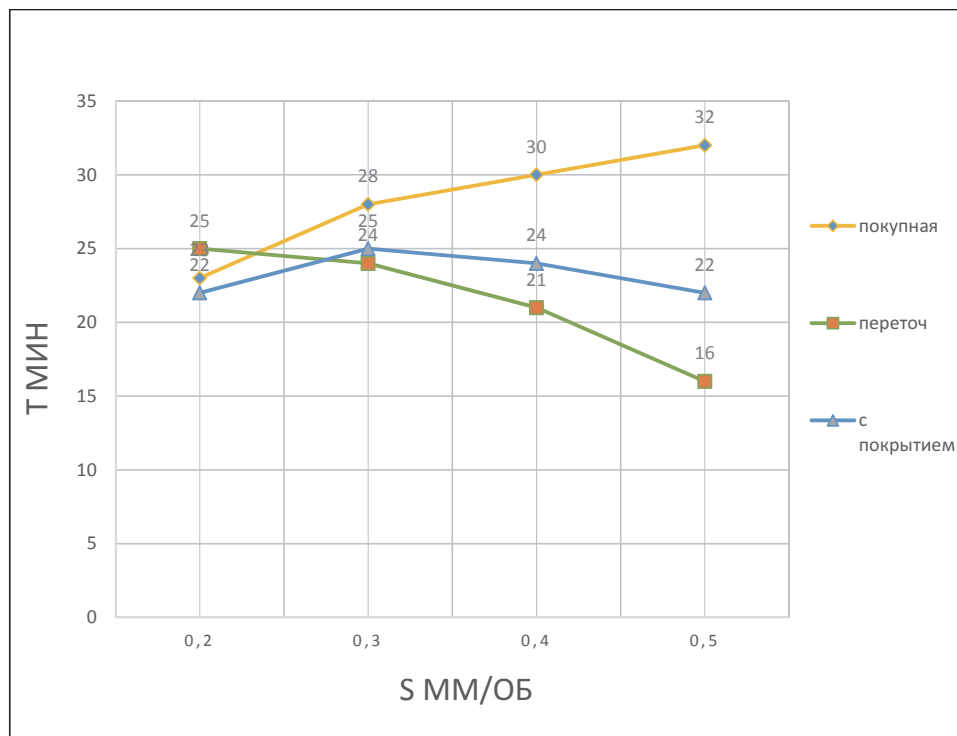


Рис. 1. Влияние подачи s на стойкость инструмента при чистовых режимах резания: $t = 0,5$ мм, $V_p = 200$ м/мин

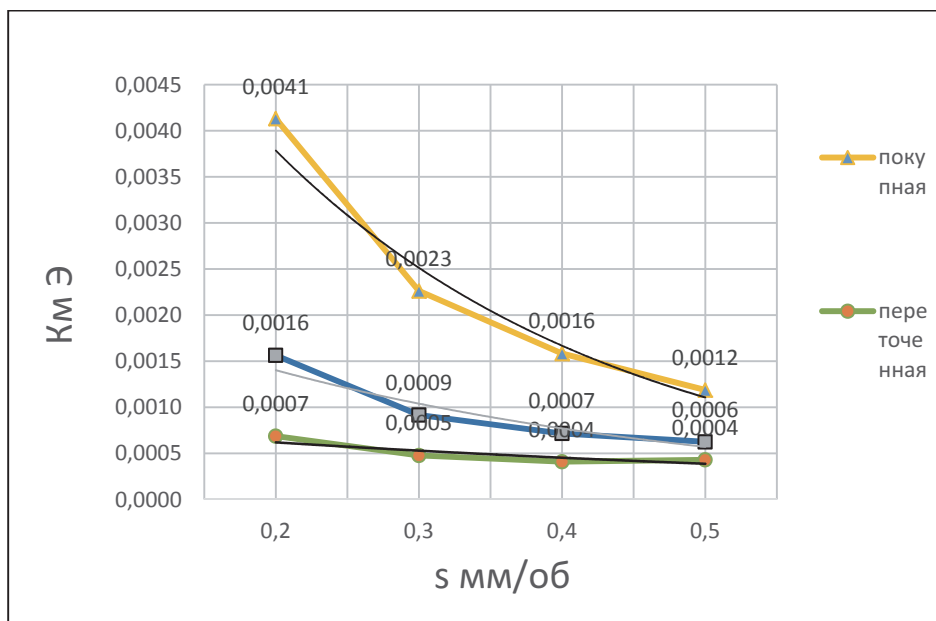


Рис. 2. Влияние подачи s на стоимость износа пластины K_m при чистовых режимах : $t = 0,5$ мм, $V_p=200$ м/мин

Анализ величины K_m показал, что с увеличением подачи в 2,5 раза для покупных пластин эффективность процесса повышается в 3,4 раза. Для восстановленных пластин как с покрытием, так и без величина K_m уменьшается в 3-6 раз. Причем более эффективны восстановленные пластины без покрытия. Это связано с тем, что восстановленные пластины имеют стоимость 1 грани в 2 раза меньше.

Определим вложения финансовых средств в производство при удалении $1 м^3$ материала. заготовок, если работать покупной и переточенной МНП с покрытием с практически одинаковой минутной стойкостью, т.е. $S_o = 0,3$ мм/обор: $S(1м^3)_{покупн.} = 42817,46$ €; $S(1м^3)_{восст.} = 41033,17$ €. Тогда $S(1м^3)_{покупн.} > S(1м^3)_{восст.}$, а экономия средств составит $42817,46 - 41472,57 = 1344,89$ €;

По курсу ЦБ РФ стоимость 1 € в рублях на 24.11. 2019г. составляет 71,35 руб., а экономия в руб. составит 95957,9 руб.

В таблице 1 представлены результаты сравнительных исследований эффективности применения восстановленных пластин на чистовых операциях.

Следовательно, для режима с подачей 0,2-0,3 мм/об прослеживается наибольшая экономическая эффективность от применения восстановленных пластин.

Исследования эффективности применения МНП при черновом точении приводятся на рис. 3,4.

Исходные данные расчета K_m при производительности Q_1 от $70 см^3/мин$ до $180 см^3/мин$:

Покупная пластина №1 - стоимость грани $S_{ia} = 1,9$ €.

Переточенная пластина (без покрытия) №2 стоимость грани $S_{ia} = 0,34$ €.

Переточенная пластина (с покрытием) №3 со стоимостью грани $S_{ia} = 0,69$ €.

Таблица 1.

Параметры	Чистовые операции с режимами: $t = 0,5$ мм, $V_p=200$ м/мин.			
	0,2	0,3	0,4	0,5
	<u>Покупные</u>			
K_m , €/см³	0,0041	0,0023	0,0016	0,0012
$S(1м³)$, €	64963,77	42817,46	32000,00	25520,83
	<u>Переточенные без покрытия</u>			
K_m , €/см³	0,0007	0,0005	0,0004	0,0004
$S(1м³)$, €	61521,09	41033,17	30826,05	24763,18
	<u>Переточенные с покрытием</u>			
K_m , €/см³	0,0016	0,0009	0,0007	0,0006
$S(1м³)$, €	62396,42	41472,57	31133,08	24958,57

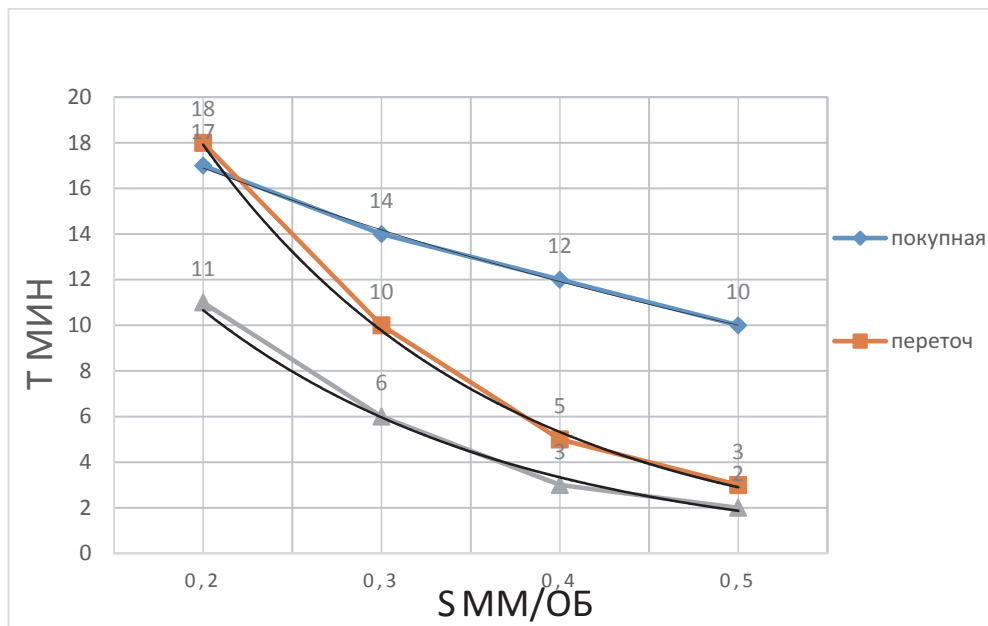


Рис. 3. Влияние подачи s на стойкость инструмента при черновых режимах: $t = 3$ мм, $V_p = 120$ м/мин

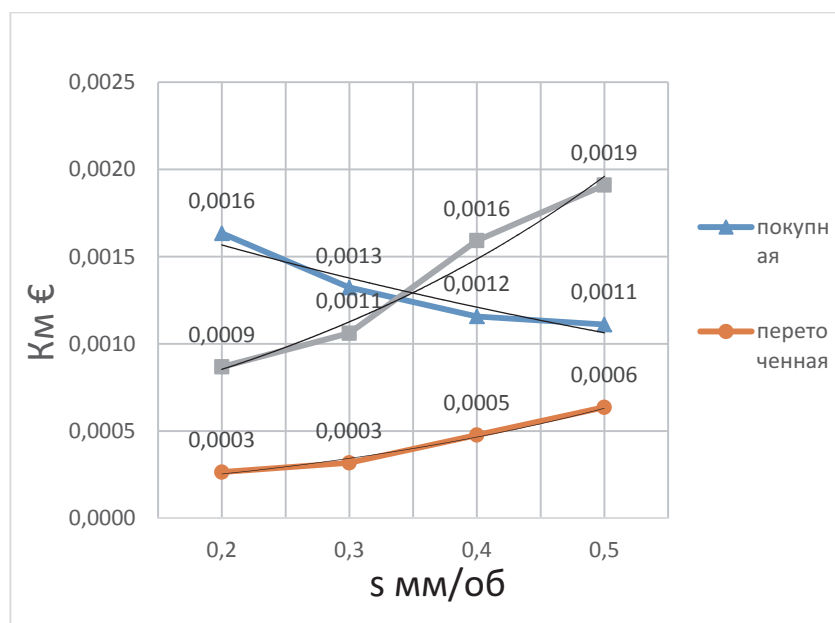


Рис. 4. Влияние подачи s на стоимость износа пластины K_m при черновых режимах: $t = 3$ мм, $V_p = 120$ м/мин

Испытания показали (рис. 3 и 4), что с увеличением подачи стойкость покупных пластин уменьшилась с 17 до 10 мин, а стойкость восстановленных с 18 до 3 мин, т.е. работать на данных режимах восстановленными пластинами нельзя. Применение покрытия из TiN для восстановленных пластин оказалось неэффективным, т.к. стойкость МНП самая низкая и уменьшается с увеличением подачи с 11 мин. до 2 мин. Анализ экономических критериев показал, что величина K_m с увеличением подачи в 2,5 раза для покупных пластин повышается в 1,5 раза. Для восстановленных пластин с покрытием и без покрытия величина K_m увеличилась в

2 раза. В тоже время применение покрытия из TiN снизило эффективность работы почти в 3 раза, что свидетельствует об ограниченном применении восстановленных пластин с покрытием из TiN на черновых операциях и более эффективном покрытии покупных пластин.

Расчеты финансовых средств в производство при удалении 1 м^3 материала заготовок показывают, что при $S_0 = 0,2$ мм/об и $t = 3$ мм величина $S(1 \text{ м}^3)_{\text{покуп}}$ для покупных МНП, составила 18532,14 €, а для восстановленных $S(1 \text{ м}^3)_{\text{восст}} = 17163,49$ €, т.е. экономия средств составит $18532,14 - 17163,49 = 1368,65$ € или 97653,18 руб. на 1 режущую кромку.

Таблица 2.

Параметры	Черновые операции: t = 3 мм, Vp=120 м/мин.			
	0,2	0,3	0,4	0,5
<u>Покупные</u>				
Км, €/см ³	0,0016	0,0013	0,0012	0,0011
S(1м ³), €	18532,14	12588,18	9606,48	7870,37
<u>Переточенные без покрытия</u>				
Км, €/см ³	0,00027	0,00032	0,00048	0,00064
S(1м ³), €	17163,49	11583,84	8926,68	7396,07
<u>Переточенные с покрытием</u>				
Км, €/см ³	0,0009	0,0011	0,0016	0,0019
S(1м ³), €	17766,53	12326,79	10041,11	8669,70

Составим сравнительную таблицу 2 и проанализируем результаты для черновых операций.

Исследования показали, что с увеличением подачи эффективность покупной МНП возрастает с 18532,14 € до 7870,37 €, т.е. в 2,35 раза, для восстановленных пластин при аналогичной производительности эффективность применения изменяется от 17163,49 € до 7396,07 €, т.е. 2,32, что соответствует покупным пластинам.

ВЫВОДЫ

1. Разработана технология восстановления сменных многогранных неперетачиваемых пластин, обеспечивающая стабильные показатели качества обработки при заданных режимах обработки и стойкость порядка 80% от начальной стойкости покупной пластины (фирма Sandvik Coromant) в зависимости от режимов обработки..

2. Техничко-экономический анализ проведенных исследований показал, что наибольшую эффективность показали восстановленные пластины при чистовом точении стали 09Г2С на токарно-карусельном станке с ЧПУ 1А512Ф3.

3. Установлено, что восстановленные пластины с покрытием из TiN могут применяться только при чистовом точении, эффективность их применения в 1,5-2.0 раза ниже, чем у пластин без покрытия.

4. Применение восстановленных пластин с покрытием при черновых режимах обработки не дает экономического эффекта, т.е. покрытие из TiN не может конкурировать с покрытием фирма Sandvik Coromant.

5. Испытания эффективности применения восстановленных пластин по сравнению с покупными показали их экономическую целесообразность использования на черновых режимах

обработки с экономическим эффектом 97653,18 руб. на 1 режущую кромку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хаев Г.Л. Прочность режущего инструмента. М.: Машиностроение. 1975. С.168.
2. Сахаров Г.П., Арбузов О.Б., Боровой Ю.Л., Гречишников В.А. Киселев А.С. Металлорежущие инструменты. М.: Машиностроение, 1989. - 327 с.
3. Каталог фирмы Сандвик Коромант «Токарные инструменты» 2015 г.
4. Каталог фирмы Хертель 2015 г.
5. Кушнер В.С. Основы теории стружкообразования, (Учебное пособие). Омск: ЮмГТУ. 1996, 130 с.
6. Скуратов Д.Л. Формообразование поверхностей деталей. Обработка материалов резанием. Ч.: учеб. пособие / Д.Л. Скуратов, В.Н. Трусов, Т.Н. Андрухина. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2011.- 175 с.: ил.
7. Попова А.Ю., Радченко Д.С., Васильева Е.В. Повышение эффективности использования современных инструментов со сменными твердосплавными пластинами за счет их вторичного ресурса // Вестник УГАТУ. 2012. Т. 16. № 4. С. 46-51.
8. Грачев С.И. Повышение адгезионной связи износостойких покрытий с твердосплавным инструментом за счет оптимизации процесса подготовки поверхностей: дисс. ... канд. техн. наук. – М.: МГТУ «Станкин», 2003. – 156 с.
9. Григорьев С.Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 2011. – 368 с.

**STUDY OF TECHNICAL AND ECONOMIC
PERFORMANCE INDICATORS OF RESTORED MNP**

© 2020 N.V. Nosov, S.N. Balakirov, A.R. Nigmatullin

Samara State Technical University

The article presents the results of the study of technical and economic performance indicators of restored MNP in the processing of steels. As an assessment of the performance of the cutting edge of the plate, two evaluation criteria were taken: the rate of loss of the value of the face K_m in €/cm³ and the cost of removing 1 m³ of chips S (1m³) in € during finishing and rough turning. The technique of obtaining the maximum performance of the process at the minimum cost of recovered plates is developed. Comparative tests of purchased and restored products in experimental and industrial conditions were carried out. As a result of the conducted experimental researches it is established that at final turning loss of cost of a face of a plate K_m is 3-4 times lower at the restored plates, than at purchased. When working on rough modes restored plates criterion K_m is 2-2.5 times less.

Keywords: Turning, cutting modes, front surface shape, coating, multi-faceted non-sharpening plates, restoration, wear resistance, technical and economic criteria.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-3-56-61

Nikolay Nosov, Doctor of Technics, Professor of the Department «Engineering Technology, Machine Tools and Tools». E-mail: nosov.nv@samgtu.ru

Sergey Balakirov, Graduate Student, Category 2 Process Engineer of JSC «Aviaagregat».

E-mail: s.balakirov@yandex.ru

Almir Nigmatullin, Director of the Development and Production Center «Perspective», Samara State Technical University. E-mail: nigmatullin.ar@samgtu.ru