

Левшуков А. П.¹, Комаровская В. М.², Саковский В. И.¹

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИИ И ШЕРОХОВАТОСТИ
ПОВЕРХНОСТИ МНОГОГРАННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ
ПЛАСТИН ИЗ ТВЕРДОГО СПЛАВА ГРУППЫ ТК**

1. ОАО «Минский завод шестерен», Минск, Беларусь
2. Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

В данной работе приведены результаты промышленных испытаний многогранных неперетачиваемых пластин на ОАО «МЗШ». С целью получения объективных результатов, промышленные испытания проводились в равных условиях: одинаковые режимы и условия токарной обработки для всех МНП. Установлены оптимальные геометрия (радиус скругления режущей кромки 70–90 мкм) и шероховатость поверхности ($Ra = 0,3–0,4$ мкм) многогранных неперетачиваемых пластин. Результатами первого цикла испытаний является значительное увеличение стойкости пластин относительно базового показателя.

В машиностроительной отрасли на ряду с совершенствованием технологий металлообработки актуальной задачей является и увеличение объема производства как в штучном, так и в номенклатурном количестве, и вместе с увеличением объемов производства, прямо пропорционально увеличивается и расход режущих инструментов. Ввиду этого, актуальной задачей является увеличение жизненного цикла режущего инструмента, в том числе с применением современных износостойких покрытий. На ОАО «МЗШ» значительную долю механической обработки занимает токарная (~60 %), при этом в качестве режущего инструмента используются токарные резцы с многогранными неперетачиваемыми пластинами (МНП). Все МНП поставляются на предприятие с износостойкими покрытиями что позволяет увеличить их стойкости и обеспечивает существенный экономический эффект за счет снижения расхода инструмента. Средний расход пластин в год на ОАО «МЗШ» составляет около 6 000 шт., что в денежном выражении составляет около 1 000 000 бел. рублей, средняя доля инструмента в себестоимости изделий достигает ~3 %.

При использовании МНП с покрытиями основными факторами, влияющими на их износостойкость, являются:

– качество подготовки (в том числе и очистки) поверхности. Тут следует отметить, что этап подготовки поверхности предопределяет в первую очередь величину адгезии покрытия с основой. Основными факторами, влияющими на адгезию, являются: шероховатость поверхности инструмента, степень очистки, а также материал инструмента и износостойкого покрытия;

– материал покрытия. Выбор материала покрытия для режущих инструментов в основном зависит от вида обработки, режимов резания (скорость обработки, глубина резания, подача и т. д.) и обрабатываемого материала. Это обусловлено различием в требованиях к выполняемым функциям защитного покрытия;

– режимы формирования покрытия. От режимов нанесения износостойких покрытий зависит адгезия покрытия с основным материалом инструмента (для снижения влияния различия коэффициентов линейного расширения материалов между основой и функциональным покрытием наносят подслои), структура, физико-механические свойства покрытия.

На свойства изделий с покрытиями, в том числе и на износостойкость, также оказывает влияние метод формирования износостойких покрытий.

В связи с экономическими санкциями в Республике Беларусь остро встал вопрос поставки МНП с покрытиями. На данный момент основным поставщиком МНП является Китайская Народная Республика (КНР). В то же время на ОАО «МЗШ» установили, что при токарной обработке одной и той же детали при одинаковых режимах резания стойкость МНП значительно отличается в зависимости от производителя (в ряде случаев в 2 раза). В связи с этим остро встал вопрос определения оптимального состава МНП, что в дальнейшем позволит использовать данные заготовки для формирования износостойких покрытий, а это в свою очередь, как уже указывалось ранее, позволит предприятию получить значительный экономический эффект.

В данной работе представлены результаты исследования влияния состава, геометрии и шероховатости МНП на износостойкость инструмента (МНП) при токарной обработке изделий на предприятии ОАО «МЗШ». Первый цикл промышленных испытаний МНП проходил в период с 30.08.2021 по 18.07.2022 на ОАО «МЗШ» Республика Беларусь.

С целью получения объективных результатов, промышленные испытания МНП проводились в равных условиях (табл. 1): одинаковые режимы и условия токарной обработки для всех МНП. Для документирования результатов испытаний в нашем случае на предприятии составлялись акты.

Таблица 1 – Параметры первого этапа промышленных испытаний

Место проведения испытаний	МЦ-1, ОАО «МЗШ»
Оборудование	Токарный станок с ЧПУ H250T DOOSAN
Обрабатываемая деталь	50-1701048А «Шестерня скользящая»
Материал детали	Конструкционная легированная сталь марки 18ХГТ
Операция	Токарная чистовая
	Токарная черновая
Наименование, геометрия пластины	CNMG-120404
	CNMG-120408
	CNMG-120412
	WNMG-080408
	WNMG-080412
Поставляемые производители (стружколом)	LIFA, КНР (PM I, PM II, TM I, CQ)
	JXTC, КНР (GM I, GM II, KR. AMM)
	Betalent, КНР (PM I)
	БТК сплав, РБ (-)
Степень подготовки пластины перед нанесением покрытия	Подготовленная (полированная, скругленная)
	Неподготовленная

Выбор геометрии режущего инструмента обусловлен потребностями ОАО «МЗШ». Для сравнительного анализа использовались базовые результаты испытаний, зарекомендовавших себя в соотношении, цена/качество и постоянно применяемых на ОАО «МЗШ» многогранных непереключаемых пластин производителя SENO (КНР).

Экспериментальные исследования авторами данной работы проводились в несколько этапов. На первом этапе необходимо было установить оптимальный состав заготовок для изготовления МНП, которые в дальнейшем будут использоваться для нанесения износостойкого покрытия. Следует отметить, что на первом этапе пластины не подвергались полировке и не производилось скругление режущих кромок (рис. 1). Данное решение принято с целью снижения количества факторов, влияющих на результаты промышленных испытаний. В качестве параметра для выбора оптимального состава заготовки принята стойкость режущей пластины.



Рис. 1. Фото пластины (неполированная заготовка)

По результатам первого этапа были подобраны пластины с наибольшим периодом стойкости, который возможен с учетом всех факторов экспериментальных исследований (пластины без внекамерной подготовки (неполированные) и без покрытия). Следует отметить, что все три вида пластин от поставщика из КНР показали примерно одинаковый период стойкости (порядка 1–1,5 минут). При изучении поверхности износа пластин в основном были зафиксированы такие причины выхода из строя, как сколы и разрушение граней (рис. 2).



Рис. 2. Фото пластин со сколами

Следует отметить, что пластины от ООО «БТК-сплав» (РБ) при проведении первого этапа исследований показали значительный разброс значений периода стойкости (по отдельным позициям он составлял разницу более чем в 10 раз), что позволило определить оптимальный состав заготовки МНП для дальнейшего полирования и скругления. В данной работе не приводится процентное соотношение компонентов твердого сплава группы ТК в связи с подписанием договора между предприятиями о неразглашении данных (в актах экспериментальных исследований, которые хранятся на ОАО «МЗШ» сведения о составе МНП имеются).

На втором этапе первого цикла экспериментальных исследований определяли зависимость стойкости пластин от исходной шероховатости и радиуса скругления режущих кромок. Пластины подготавливались, выдерживая следующие диапазоны значений шероховатости – от 0,16 мкм до 0,90 мкм и радиуса скругления режущих кромок – от 42 мкм до 105 мкм.

Полировка и скругление режущих кромок пластин производились электролитическим методом, по технологии, которая является запатентованным изобретением Научно-технологического парка БНТУ «Политехник».

В ходе первого цикла опытно-промышленных работ было проведено более 150 испытаний. Результатами первого цикла испытаний является значительное увеличение стойкости пластин относительно базового показателя за счет определения оптимальных параметров подготовки поверхности МНП (шероховатость) и геометрии (радиус скругления режущих кромок). Результаты стойкости МНП, прошедших полный цикл подготовки, относительно базовой стойкости пластин SENO, представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Значение стойкости МНП, прошедших полный цикл обработки

Производитель	Геометрия	Стружколом	Классматериала	Стойкость относительно МНП SENO, %
LIFA	CNMG-120412	PM	I	165
LIFA	CNMG-120412	PM	II	110
Betalent	CNMG-120412	PM	II	120
JXTC	WNMG-080408	AMM	I	60

Данные по результатам испытаний пластин производства ООО «БТК-сплав» (Республика Беларусь) не включены в сводную таблицу, в связи с большим диапазоном показателей стойкости. Расширенный диапазон стойкости (меньше базового и превышающие базовое значение стойкости) на одинаковой геометрии характеризуется различным составом спекаемой смеси, что значительно влияет на конечный результат испытаний. На сегодняшний день, с целью определения оптимального состава и технологии получения заготовок в лаборатории БТК-сплав, проводятся расширенные испытания данных заготовок.

В результате проведенного первого цикла промышленных испытаний МНП определены оптимальные шероховатость ($Ra = 0,3-0,4$ мкм) и радиус скругления режущей кромки (70–90 мкм) при которых стойкость инструмента увеличивается по сравнению с базовой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сединин, И. Н. Выбор марки сплава, покрытия и геометрических параметров режущей пластины для торцевого фрезерования высокоуглеродистой закаленной стали 95X18-Ш / И. Н. Сединин, В. Ф. Макаров // Вестник Брянского государственного технического университета. 2021. – № 4 (101). – С. 18–27.
2. Волков, Р. Б. Износ многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин при точении экспериментальной стали 75ХГСФ / Р. Б. Волков // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. – № 1 (19). Т. 2. – С. 69–73.

Поступила 2.11.2023

УДК 004

Мисякова В. А., Ковалева И. Л.

ВЫБОР МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА 3D-ПРИНТЕРА

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь*

С целью повышения качества и эффективности процесса 3D-печати целесообразно отслеживать движение рабочего инструмента 3D-принтера на основании обработки видеопотока, полученного с обычной телевизионной камеры (web-камеры), расположенной над рабочей зоной строительного 3D-принтера. Для этого предлагается использовать сверточные нейронные сети, которые доказали свое превосходство над классическими методами по точности детектирования. В статье проведен анализ существующих нейронных сетей с точки зрения перспективности их использования для