

По измеренным значениям  $h$  и  $\delta$  для разных сечений двойника можно найти угол наклона сдвойникованной части кристалла к поверхности образца  $\alpha$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta}{h}$$

и плотность двойникующих дислокаций на границе  $\rho$  в каждом сечении

$$\rho = \frac{h}{aL}$$

Неравные приращения толщины двойника  $\Delta h$  в различных сечениях (табл. 1) свидетельствуют о неравномерности распределения двойникующих дислокаций на двойниковых границах. Места их скопления вызывают наибольшие концентрации напряжений в кристалле.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Классен-Неклюдова, М.В. Механическое двойникование кристаллов. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 261 с.
2. Косевич, А.М. Дислокационная теория упругого двойникования кристаллов / А.М. Косевич, В.С.Бойко // Успехи физических наук. – 1971. – Т. 104. – № 2. – С. 201-254.

УДК 539.8:548.24

### ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ КУЛАЧКОВ ТОКАРНОГО ПАТРОНА

*Наскевич В.Ю., Казьмин А.А., Мишкель Е.В.*

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,  
Гродно, Республика Беларусь

**Введение.** В машиностроении для механической обработки деталей активно используется многолезвийный режущий инструмент – фрезы. Операция фрезерования наиболее часто используется для обработки плоских и сложных поверхностей.

Фрезерование является одним из наиболее распространенных методов обработки. По уровню производительности фрезерование превосходит строгание и в условиях крупносерийного производства уступает лишь наружному протягиванию. Одним из вариантов увеличения производительности обработки является увеличение скорости съема металла с поверхности заготовки. Однако высокие скорости резания при фрезеровании вызывают рост температуры в зоне обработки, что в свою очередь приводит к преждевременному износу режущего инструмента. Замена устаревшего инструмента более прогрессивным способом, а также оптимальный выбор режимов обработки, могут значительно улучшить условия обработки.

**Цель работы.** Целью работы является увеличение производительности получения ступеней кулачков токарного патрона с помощью применения фрезы 6N TF90-11125-40R-09, подбором оптимальных режимов обработки. А также определения стойкости инструмента по базовому и предлагаемому варианту.

**Материалы и методы исследований.** Инструмент по базовому варианту:

Фреза торцевая 2214-0417 [1], оснащенная пластиной КНТ16. Количество режущих кромок на пластине – 8. Количество режущих зубьев – 8. Состав пластины: безвольфрамовый твердый сплав на основе карбонитрида титана Ti(NC). Применяются для фрезерования конструкционных сталей и чугунов.

Предложенная альтернатива, фреза Mill Rush модели: 6N TF90-11125-40R-09 оснащенная режущими пластинами: 6NGU 090508R-M. Количество режущих кромок на пластине – 6. Количество режущих зубьев – 11. Материал режущей части – твердый сплав ТТ9080 [2].

В ходе проведения испытаний использовался фрезерный вертикальный консольный станок с ЧПУ и АСИ – ГФ2171. Технические характеристики станка приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики станка

Наименование параметров	Данные
Размеры рабочей поверхности стола, мм	400x1600
Наибольшая масса детали, устанавливаемой на столе станка (вместе с приспособлением), кг	400
Пределы частот вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	50...2500

Кулачок является элементом токарного патрона и служит для закрепления обрабатываемой детали за наружную поверхность для вала или за внутреннюю поверхность отверстия в заготовке. Схема обработки представлена на рисунке 1.

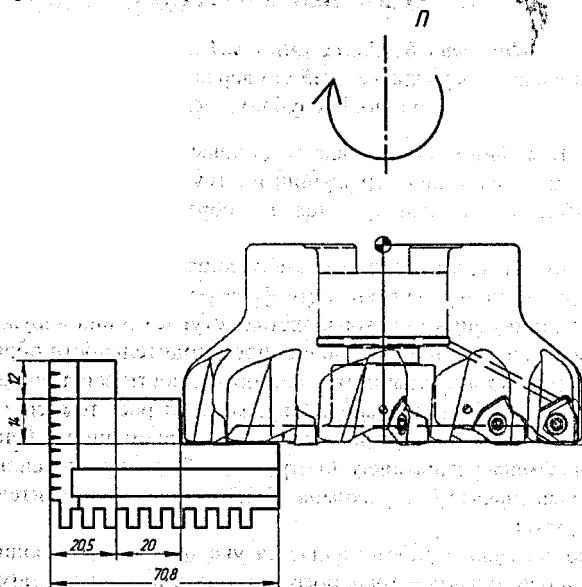


Рисунок 1 – Схема обработки

Исходные данные: Обрабатываемый материал: Сталь 40X ГОСТ 4543-71. Химический состав материала в % : 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[3].

Основным критерием данного выбора как альтернативного послужила режущая пластина. Особенности этой пластины являются: 1- она имеет шесть режущих кромок и оснащена Wiper – геометрией, 2 – система крепления пластин на фрезе практически исключает их преждевременную поломку при правильном подборе марки сплава и режимов резания, а значит, позволяет быть уверенными, что в процессе обработки будут участвовать все шесть кромок [2].

**Результаты и обсуждение.** Важным критерием оценки эффективности использования фрезы является ее стойкость. Режимы фрезерования по базовому варианту установлены согласно методическим рекомендациям [4] и альтернативному варианту обработки, руководствуясь рекомендациями производителя [2]. Принятые параметры обработки и основные данные по инструменту представлены в таблице 2. Время на обработку принято со стойки системы ЧПУ (таблица 2).

Таблица 2 – Режимы фрезерования торцевой фрезой 125

Данные	Альтернативный вариант	Базовый вариант
Инструмент	Фреза 6N TF90-11125-40R-09	Фреза торцевая 2214-0417
Пластина	6NGU 090508R-M	KHT16
Сплав	TT9080	
Скорость резания, м/мин	140	140
Частота вращения, об/мин	350	350
Подача на зуб, мм/зуб	0,11	0,025
Подача минутная, мм/мин	450	70
Глубина резания, мм	3,5	3,5
Ширина резания, мм	35	35
Число зубьев, шт	11	8
Диаметр инструмента, мм	125	125
Количество режущих кромок на пластине, шт	6	8
Машинное время, мин	3,1 (обработка 6 кулачков)	16,2 (обработка 6 кулачков)
Количество деталей на одну режущую кромку	300	40
Машинное время обработки 1000 деталей, часов	8,7	45

Скорости резания и частота вращения по базовому варианту и альтернативному неизменны, так же не изменились глубина и ширина резания. Фреза 6N TF90-11125-40R-09 состоит из одиннадцати режущих пластин, которые являются двусторонними треугольной формы с шестью режущими кромками. В свою очередь фреза торцевая 2214-0417 оснащена восемью двусторонними четырехгранными режущими пластинами с восемью режущими кромками. Альтернативный вариант с применением пластин 6NGU 090508R-M позволяет значительно увеличить подачу на зуб и минутную подачу в 4,4 раза и 6,4 раза соответственно, что значительно сократило машинное время и время обработки партии деталей. Так же следует отметить, что стойкость фрезы по альтернативному варианту превышает стойкость фрезы по базовому варианту в 7,5 раз.

**Заключение.** Оптимальные параметры обработки должны обеспечивать максимальную стойкость инструмента и наибольшую производительность. Руководствуясь данными исследований, были сформулированы следующие выводы:

1. Оптимальные режимы обработки фрезой 6N TF90-11125-40R-09 составляют  $V = 140$  м/мин,  $f_z = 0,11$  мм/зуб,  $S = 450$  мм/мин.

2. Использование фрезы 6N TF90-11125-40R-09 позволило увеличить подачу, что значительно повлияло на производительность процесса фрезерования. Машинное время обработки партии деталей (1000 штук) было увеличено в 5,4 раза.

3. Стойкость фрезы 6N TF90-11125-40R-09 превышает стойкость фрезы торцевой 2214-0417 по базовому варианту в 7,5 раз.

Внедрение прогрессивного инструмента позволяет в разы увеличить производительность обработки и подтверждает актуальность проведенных исследований по оптимизации технологических процессов.

Рассмотренная технология обработки кулачка токарного патрона является типовой. Данные результаты исследования могут быть использованы в области обработки металлов резанием для фрезерования плоских и ступенчатых деталей машин.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фрезы торцевые с механическим креплением многогранных пластин. Типы и основные размеры: ГОСТ 26595-85. – М.: Изд-во «Стандарт-информ», 2010.

2. Фрезерование. Фрезы и комплектующие к ним. Руководство по использованию: Каталог. – «TaeguTec». 2013. – 214 с.

3. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия: ГОСТ 8479-70. – М.: Изд-во «стандарт», 1986.

4. Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов: справочник. – Изд. 3-е, переработанное и дополненное. – М.: Машиностроение, 1972.

УДК 621.73

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ ПРОВОЛОКИ НИКЕЛИДА ТИТАНА С НАНЕСЕННЫМ БАРЬЕРНЫМ СЛОЕМ НИТРИДА ТИТАНА

*Рубаник В.В.<sup>1,2</sup>, Багрец Д.А.<sup>2</sup>, Новигов В.Ю.<sup>1</sup>*

1) Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Республика Беларусь

2) Институт технической акустики НАН Беларуси  
Витебск, Республика Беларусь

Сегодня сплавы на основе никелида титана (TiNi) являются перспективными материалами медицинского назначения. Основной помехой для массового внедрения никелида титана в медицину является выход из материала на поверхность ионов никеля (Ni), которые оказывают токсическое воздействие на живые ткани [1-3]. Уменьшить диффузию ионов металла в окружающую среду можно за счет нанесения барьерного слоя на поверхность сплава никелида титана методом ионно-плазменного осаждения [4]. Наиболее изученными являются пленки нитрида титана (TiN), традиционно используемые в качестве защитно-декоративных, упрочняющих и износостойких покрытий.