

УДК 621.921.7 : 621.7.015

Канд. техн. наук С. И. Дядя, Н. В. Гончар, Д. Н. Степанов,
В. И. Черный, О. В. Алексеенко

Национальный технический университет, г. Запорожье

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПОЛИМЕРНО-АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТДЕЛОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Выполнен анализ требований, предъявляемых к полимерно-абразивным инструментам, с использованием базовых методов управления качеством. Определена значимость каждого из них, установлена взаимосвязь между ними с помощью диаграмм связи, общности и матричных диаграмм. Исследованы зависимости технологических возможностей инструментов от их технических характеристик.

Ключевые слова: детали газотурбинных двигателей, острая кромка, отделочная обработка, инструмент на основе полимерно-абразивных волокон, технологические возможности, технические характеристики, матричные диаграммы.

Выведение на рынок новых продуктов всегда связано с определенным риском. Поэтому производители при выпуске продукции ориентируются на требования заказчиков с учетом специфики использования продукции. Так, ценность металлообрабатывающих инструментов проявляется только в технологическом процессе обработки изделия. Поэтому для них главным требованием является решение технологических задач, которые в свою очередь задаются требованиями рабочего чертежа детали.

Детали авиационных двигателей и энергетических установок в силу специфики условий эксплуатации изготавливаются из труднообрабатываемых материалов. При этом большинство из них тонкостенные, сложнопрофильные, с особыми требованиями к качеству поверхностного слоя. Применение на отделочных операциях таких методов обработки, как шлифование или полирование, сужается из-за ограничения силового

воздействия на нежесткие поверхности деталей и невозможности обработки труднодоступных участков.

Инструмент, с помощью которого можно было бы решить перечисленные задачи должен быть гибким (для обработки труднодоступных участков), нежестким (для устранения силового воздействия) и обладать режущими способностями. Таким требованиям отвечает относительно новый инструмент с использованием абразивных зерен, закрепленных в прочном полиамидном волокне (рис. 1). Волокна соединяются при помощи ступицы и образуют щеточный инструмент вращательного действия (рис. 2) – полимерно-абразивный инструмент (ПАИ) [1, 2].

Многообразие конструкций ПАИ (рис. 2) позволяет производителю загружать производство и расширять рынки сбыта, но без достаточной информированности о возможностях инструментов усложняет задачу потребителю при его выборе.

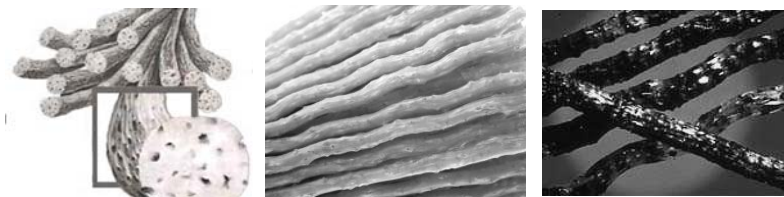


Рис. 1. Полимерно-абразивные волокна [1]



Рис. 2. Внешний вид ПАИ различных типов [1]

Поэтому были проведены исследования по выбору ПАИ, с помощью которого можно было бы выполнять отделочную обработку сложнопрофильных деталей газотурбинных двигателей (ГТД). Применяемый инструмент должен отвечать следующим требованиям:

- 1) обрабатывать жаропрочные сплавы;
- 2) обрабатывать тонкостенные сложнопрофильные поверхности;
- 3) обеспечивать заданную шероховатость;
- 4) не оставлять следы полимера на обработанной поверхности;
- 5) оказывать минимальное силовое воздействие на поверхностный слой;
- 6) обладать требуемой жесткостью;
- 7) иметь возможность правки;
- 8) иметь возможность регулировки вылета волокна.

Перечисленный перечень требований обширный. Поэтому для определения наиболее значимых из них был выполнен анализ с помощью диаграммы связей (рис. 3) [3].

Полученные данные показывают, что наибольший ранг (0,35) имеет возможность регулировать вылет волокна, т.е. реализовав это требование в ПАИ, можно обеспечивать требуемую шероховатость, обрабатывать жаропрочные сплавы, регулировать жесткость волокон, обрабатывать сложнопрофильные поверхности. К сожалению, конструкции ПАИ не предусматривают такой возможности. Поэтому регулировать вылет волокна можно путем закрепления на боковых поверхностях щеток прокладок требуемого диаметра.

Чтобы определить, что лежит в основе требований, предъявляемых к ПАИ, была построена диаграмма общности (рис. 4) [3].

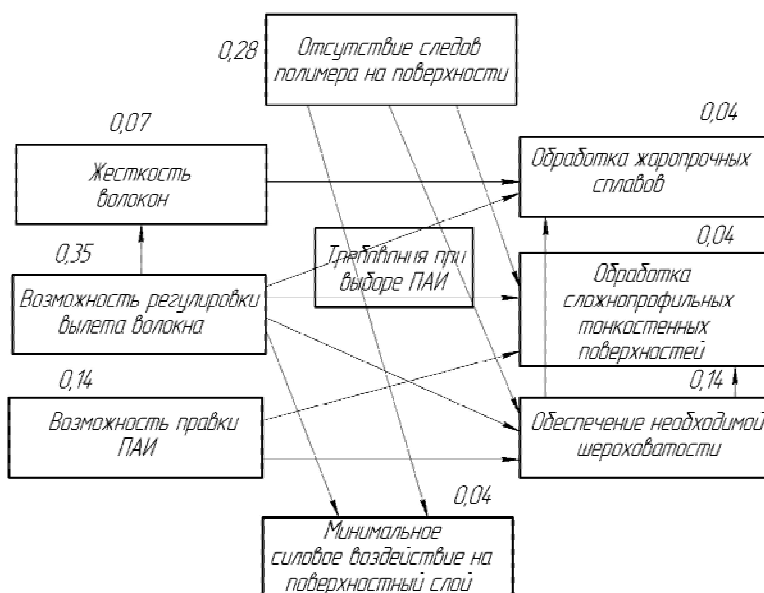


Рис. 3. Диаграмма связей между требованиями к инструменту

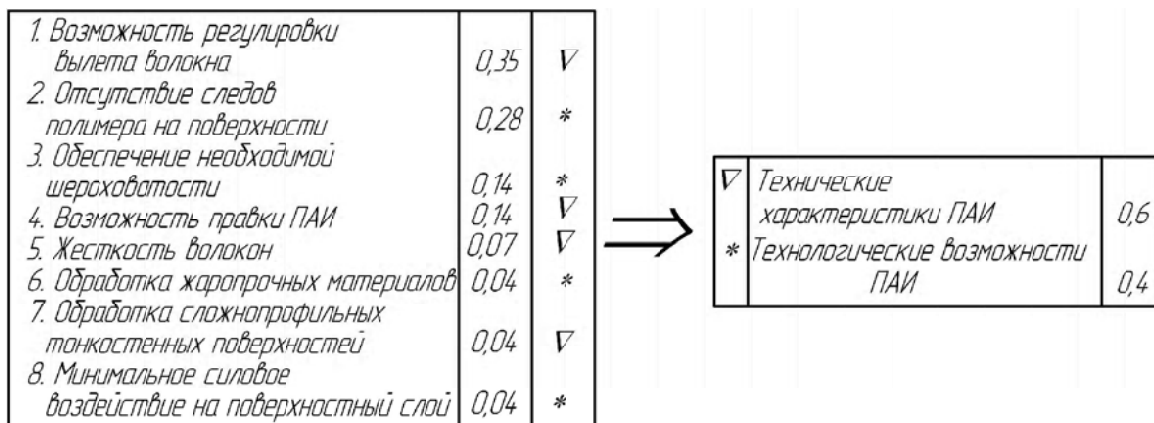


Рис. 4. Диаграмма общности

Полученные результаты показывают, что при выборе ПАИ следует в первую очередь обращать внимание на их технические характеристики (ранг 0,6), включающие материал полимерного волокна, материал абразивного зерна, зернистость, диаметр и вылет полимерного волокна, тип инструмента (дисковый, чашечный), и технологические возможности (ранг 0,4), включающие режимы резания (натяг волокон, подача, скорость резания), обрабатываемый материал, обрабатываемая поверхность.

Технические характеристики ПАИ обеспечиваются при производстве инструмента, а технологические – реализуются в технологическом процессе, т.е. производители ПАИ должны знать какие технические характеристики инструментов наиболее значимо влияют на их технологические возможности.

С этой целью строится матричная диаграмма (рис. 5).

Анализ взаимосвязей между параметрами технических характеристик и технологических возможностей позволил определить, что наиболее весомыми технологическими возможностями являются: получение требуемой шероховатости (ранг 0,31), возможность обработки определенного материала (ранг 0,31) и заданная форма обрабатываемой поверхности (ранг 0,38). При этом ПАИ следует выбирать преимущественно обращая внимание на материал абразивного зерна (ранг 0,23), зернистость (ранг 0,23), вылет волокна (ранг 0,23) и тип инструмента (ранг 0,23).

Так как применение ПАИ недостаточно глубоко исследовано, полученные теоретические обоснования выбора инструмента были проверены при обработке труднообрабатываемого никелевого сплава ХН73МБТЮ-ВД. Скорость резания, подача и натяг волокна выбирались такими, чтобы не было оплавления полимера при резании (скорость резания – 17 м/с, подача – 1 м/мин, оптимальный натяг выбирается исходя из диаметра волокна).

Исследовали несколько типов ПАИ. Наиболее производительным (достижение заданной шероховатости за наименьшее число двойных ходов) проявил себя дисковый ПАИ, затем чашечный и кистевой. Дальнейшее исследование проводили дисковыми ПАИ, с материалами зерна из электрокорунда нормального (14А) и карбида кремния (63С). Наиболее высокая производительность и качество поверхности (рис. 6) были получены при обработке поверхности сплава карбидом кремния, который и применялся при дальнейших исследованиях. При использовании электрокорунда нормального эффективность обработки составляет 80 % от показателей, обеспечиваемых карбидом кремния.

При исследовании влияния зернистости (F90 и F280) было установлено, что лучшие режущие свойства и шероховатость поверхности (рис. 7) при обработке жаропрочного сплава обеспечивает дисковый ПАИ с абразивными зёрнами зернистостью F90. Глубина снимаемого ими слоя за 1 двойной ход составляет 1...3 мкм.

Технические характеристики / Технологические возможности	Материал волокна	Материал абразивного зерна	Зернистость	Диаметр волокна	Вылет волокна	Тип инструмента	Весомость	Ранг
Натяг	–	1	1	1	1	1	–	–
Подача	–	1	1	–	1	1	–	–
Скорость резания	–	1	1	–	1	1	–	–
Обрабатываемый материал	–	1	1	–	1	1	4	0,31
Форма обрабатываемой поверхности	–	1	1	1	1	1	5	0,38
Качество поверхностей	–	1	1	–	1	1	4	0,31
Весомость	–	3	3	1	3	3	13	1
Ранг	–	0,23	0,23	0,08	0,23	0,23	1	

Рис. 5. Матричная диаграмма взаимосвязи параметров инструмента и его технологических возможностей

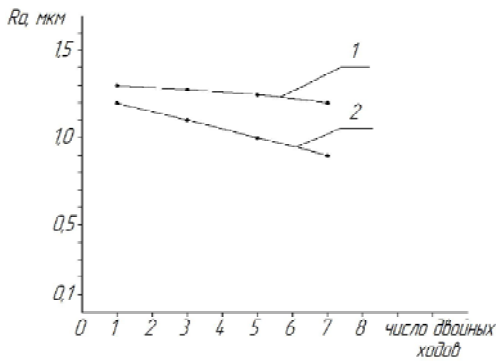


Рис. 6. Графики изменения шероховатости при обработке образцов ПАИ с разным материалом абразивного зерна: 1 – электрокорунд нормальный; 2 – карбид кремния

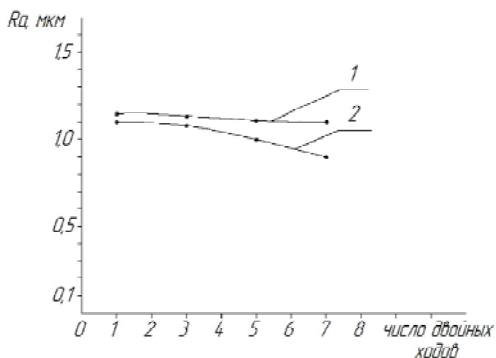


Рис. 7. Графики изменения шероховатости при обработке ПАИ с абразивными зёрнами разных размеров: 1 – зернистость F280; 2 – зернистость F90

Для исследования влияния вылета волокон ПАИ на шероховатость поверхности, обработку при разном числе двойных ходов проводили «мягким» ПАИ, с вылетом волокон равным 21 мм, и «жестким» ПАИ, с вылетом волокон 8 мм.

В ходе проведенного исследования было установлено (рис. 8), что при обработке ПАИ с длиной волокна 21 мм класс шероховатости поверхности за семь двойных ходов меняется с 6 ($Ra\ 1,33\ \mu\text{m}$) до 7 ($Ra\ 0,9\ \mu\text{m}$). В свою очередь при обработке ПАИ с длиной волокна

8 мм переход с 6 класса шероховатости до 7 происходит за один двойной ход. За семь двойных ходов обеспечивается шероховатость 8 класса ($Ra\ 0,4\ \mu\text{m}$).

Таким образом на основании выполненного анализа выбора инструмента по техническим характеристикам и технологическим возможностям и проведенных исследований обработки жаропрочного сплава на никелевой основе ХН73МБТЮ-ВД можно сделать следующие выводы:

1) для его эффективной обработки следует брать дисковый ПАИ с материалом зерна из карбида кремния (63С) с зернистостью F90;

2) для увеличения производительности и достижения требуемой шероховатости вылет волокон инструмента должен составлять не более 8 мм.

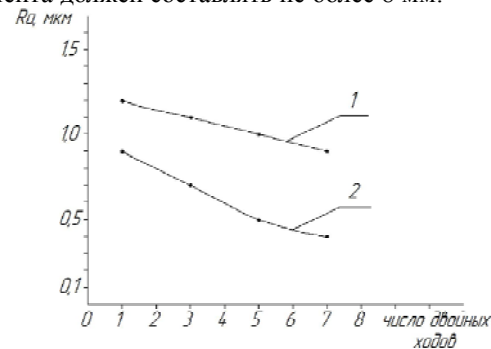


Рис. 8. Графики изменения шероховатости при обработке ПАИ с разным вылетом полимерного волокна: 1 – $L = 21\ \text{mm}$; 2 – $L = 8\ \text{mm}$

Перечень ссылок

- OSBORN International : каталог продукции / Osborn PRO, 2008. – 101 с.
- Абрашевич Ю. Д. Щеточные инструменты на основе полимерно-абразивных волокон / Ю. Д. Абрашевич, В. А. Оглоблинский, А. В. Оглоблинский // Мир техники и технологий. – 2006. – № 5. – С. 50–52.
- Васильев В.А. Управление качеством и сертификация / В. А. Васильев, В. А. Новиков ; под ред. В. А. Васильева. – М. : Интермет инжиниринг, 2002. – 416 с.

Одержано 21.06.2010

S. I. Dyadya, N. V. Gonchar, D. N. Stepanov, V. I. Cherniy, O. V. Alekseenko

VALIDATION OF THE POLYMER-ABRASIVE FIBERS SELECTION FOR FINISHING OPERATIONS PROCESSION

Виконано аналіз вимог до полімерно-абразивних інструментів з використанням базових методів управління якістю. Визначено значимість кожного з них, встановлено взаємозв'язок між ними за допомогою діаграм зв'язку, спільності і матричних діаграм. Досліджені залежності технологічних можливостей інструментів від їхніх технічних характеристик.

Ключові слова: деталі газотурбінних двигунів, оздоблювальна обробка, гостра крайка, інструмент на основі полімерно-абразивних волокон, технологічні можливості, технічні характеристики, матричні діаграми.

The analysis of polymer-abrasive fibers requirements using the basic method of quality management is applied. The significance of each factor is estimated, the correlation between them is formed using connection diagrams, community diagrams and matrix diagrams. Dependences of instruments technological possibilities from their technical descriptions were researched.

Key words: gas turbine engine details, finishing treatment, sharp edge, polymer-abrasive fibers based instrument, manufacturing capability, technical characteristics, matrix diagrams.