

УДК 621.7.015:621.923.9

Д. Н. Степанов

Национальный технический университет, г. Запорожье

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЛИМЕРНО-АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА И РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА BT8-M

Исследована возможность повышения качества и производительности финишной обработки жаропрочного титанового сплава BT8-M с помощью полимерно-абразивных инструментов. Установлены рациональные режимы обработки и параметры инструментов на основе полимерно-абразивных волокон.

Ключевые слова: качество поверхности, титановый сплав, режимы обработки, параметры инструмента, инструмент на основе полимерно-абразивных волокон.

В настоящее время по-прежнему актуальными являются вопросы повышения качества поверхности деталей, а также повышения производительности технологического процесса его обеспечения. Особенно важны эти вопросы в авиационной промышленности при обработке таких авиационных материалов, как жаропрочные титановые и никелевые сплавы, так как к деталям, применяемым в данной отрасли, предъявляются высокие требования по надёжности, ресурсу, качеству и стоимости. Качество поверхности определяется совокупностью характеристик шероховатости и свойств поверхностного слоя. В условиях эксплуатации машины или прибора внешним воздействиям в первую очередь подвергаются поверхности деталей. Естественно, что придание рабочим поверхностям специальных свойств способствует существенному повышению показателей качества машин в целом и, в частности, показателей надёжности. Одним из перспективных инструментов, применяемых для повышения качества поверхности деталей, является полимерно-абразивный инструмент (ПАИ).

Полимерно-абразивный инструмент (рис. 1) представляет собой набор волокон из полиамидного корда, в котором по всему объёму распределены частицы

абразива. Благодаря своей гибкости, а также очень малой силовой и температурной составляющей при обработке он находит все более широкое распространение для финишной отделки сложнопрофильных и тонкостенных деталей из различных материалов.

Целью данной работы было определение влияния параметров инструмента на основе полимерно-абразивных волокон и режимов обработки на шероховатость титанового сплава BT8-M.

Для проведения исследований были изготовлены специальные плоские образцы $74 \times 32 \times 8$ мм из титанового сплава. Такие образцы дают возможность удобной и быстрой установки и переустановки в приспособлениях при обработке и проведении контрольных измерений параметра шероховатости Ra на стандартном профилометре (170621 завода «Калибр»), а также производить на каждой стороне образца несколько серий однофакторных экспериментов для получения достоверных результатов. Шероховатость поверхности измеряли на участке длиной 5,6 мм до и после обработки ПАИ, принимали среднее значение по 5-ти измерениям.

Исходная шероховатость поверхности образцов после фрезерования составляла $Ra = 2,5 \dots 3,8$ мкм.



Рис. 1. Внешний вид применяемых в исследовании ПАИ (а – дисковый; б – дисковый с накладками)

ПАИ использовали дисковые: «мягкий» – с вылетом волокна 21 мм (рис. 1, а) и «жесткий» – вылет волокна 8 мм (рис. 1, б).

Основные характеристики инструмента:

- диаметр дисковых ПАИ – 150 и 75 мм;
- диаметр полимерного волокна $d_e = 0,6... 1,0$ мм;
- материал абразива электрокорунд нормальный 14А и карбид кремния 63С, зернистость абразива F90... F280.

Применяемое для обработки оборудование – плоскошлифовальный станок мод. ЗГ61; приспособление – тиски поворотные. Инструмент крепили на шпинделе шлифовального станка при помощи специальных оправок.

Провели ряд однофакторных экспериментов, варьируя такими параметрами ПАИ: материалом абразива, зернистостью F , диаметром полимерных волокон d_e , их вылетом L , а также различными режимами обработки: скоростью резания V , подачей S , натягом i (рис. 2) и временем обработки – количеством двойных ходов n .

Изменение подачи с 1 до 6 м/мин «жестким» ПАИ (с вылетом волокон $L = 8$ мм) обеспечило получение параметра $Ra = 1,4... 3,2$ мкм (рис. 3). При этом до $S = 3$ м/мин образцы обрабатывали с СОЖ, т. к. в противном случае на их поверхности остается пленка полимерного материала волокон, получаемая в результате температурного размягчения материала корда.

Наибольшее снижение шероховатости в 2,5 раза наблюдалось при подаче 1 м/мин (с 3,8 мкм до 1,4 мкм), увеличение подачи свыше 6 м/мин не изменяло показатель Ra .

Последующая обработка (полирование) «мягким» ПАИ с вылетом волокон $L = 21$ мм (рис. 3) обеспечивает улучшение параметра шероховатости Ra до 1,3... 2,7 мкм соответственно.

Исследования влияния материала абразивного зерна двух видов – из карбида кремния 63С и электрокорунда нормального 14А показали, что при любых вариациях режимов резания полимерно-абразивные инструменты с материалом абразива – электрокорунд нормальный 14А – показывают худший результат по значениям параметра Ra на 20 %, чем ПАИ с материалом абразивных зерен – карбид кремния 63С. В связи с этим далее использовали ПАИ с абразивом 63С. Что касается зернистости абразивных зерен волокон, то лучшие режущие свойства при обработке данного сплава показали ПАИ с зернистостью F90 (соответственно диаметром волокон 1 мм), полностью удаляющие с большей производительностью крупные риски, оставшиеся от предыдущей механической обработки. При отсутствии такой технологической наследственности более рациональным является применение ПАИ с абразивом зернистостью F280 (диаметр волокна 0,6 мм), обеспечивающего явно выраженный полировальный эффект. В этом случае шероховатость улучшается на 10... 20 %.

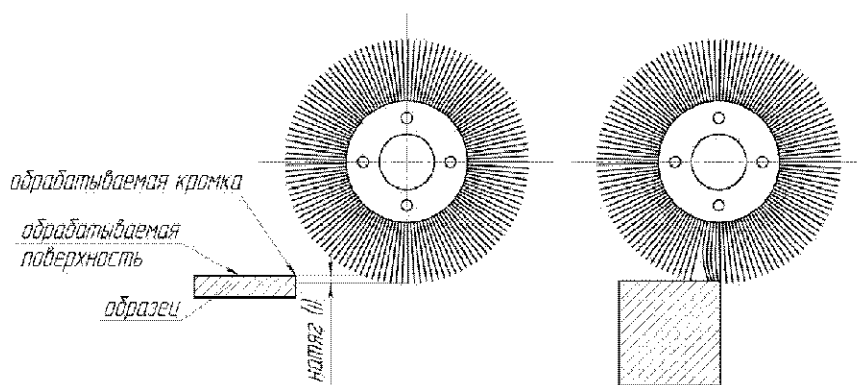


Рис. 2. Схема установки натяга перед обработкой дисковым ПАИ

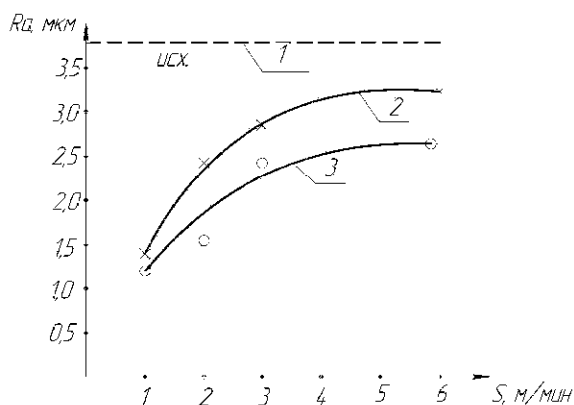


Рис. 3. Параметр шероховатости Ra при изменении подачи: 1 – шероховатость исходного образца; 2 – образец, обработанный «жестким» ($L = 8$ мм, $d_e = 1$ мм, F90, 63С) ПАИ; 3 – образец, обработанный «жестким» + «мягким» ($L = 21$ мм, $d_e = 1$ мм, F90, 63С) ПАИ

В случае полирования такими инструментами после предварительной обработки ПАИ с «грубой» зернистостью обеспечивают 8, 9 класс шероховатости.

Обработка «жестким» и «мягким» ПАИ (вылет волокон 8 и 21 мм соответственно) показала, что риски после фрезерования более производительно за 3 дв. хода удаляются «жестким» ПАИ. ПАИ с вылетом волокон 21 мм также удаляет риски, но за большее число двойных ходов, не менее 7... 10.

Преимущества ПАИ с длинным волокном в их большей гибкости, что важно при обработке поверхностей, имеющих сложный профиль и труднодоступные места: пазы, выборки, отверстия и т.п. Для проверки полировального эффекта дисковых ПАИ с длинным волокном использовали образцы предварительно обработанные «жестким» ПАИ, с окончательной шероховатостью Ra от 1,2 до 3,2 мкм. Шероховатость уменьшилась на 30... 50 % и составила $Ra = 0,6... 1,9$ мкм.

При обработке титановых сплавов следует обращать особое внимание на интенсивность подачи СОЖ в зону обработки при применении «жестких» ПАИ (рис. 1, б). При недостаточном охлаждении «жестких» ПАИ волокно начинает «течь» (расплавляется полимерная основа волокон) из-за низкого теплоотвода обрабатываемого материала, что ведет к интенсивному его износу, а иногда к необратимому спеканию волокон. В связи с этим желательно обрабатывать такие сплавы «мягким» ПАИ или подбирать длину вылета

волокон, с точки зрения достаточности охлаждения.

Для оценки влияния числа двойных ходов (времени обработки) на шероховатость, была профрезерована дополнительная партия для получения более грубой поверхности. Обработку проводили при разном количестве двойных ходов стола (табл. 1).

Эффективность съема микронеровностей растет с увеличением числа двойных ходов (рис. 4), однако после 10 дв. ходов улучшения шероховатости не наблюдается, т.е. устанавливать n больше 10 дв. ходов – нерационально.

Глубина снятого слоя за один двойной ход составляет 1... 2 мкм, что дает возможность удалять тонкий дефектный слой, например, после травления, без особого влияния на геометрию поверхности.

Применения СОЖ при обработке ПАИ имеет некоторые особенности. Как ранее упоминалось, титановые сплавы имеют очень низкую теплопроводность по сравнению со сталями и никелевыми сплавами, в связи с чем отвод тепла из зоны резания затруднен. Материал волокон размягчается при температуре 100... 120 °С. Поступление даже малого количества СОЖ в зону обработки дает возможность обработать титановые сплавы при более «жестких» режимах (для обеспечения большей производительности), применение которых без СОЖ вызывает плавление полимерной основы волокон, его перенос и налипание на обрабатываемую поверхность.

Таблица 1 – Шероховатость Ra (мкм) в зависимости от числа двойных ходов

№ образца	Кол-во дв. ходов стола N	Шероховатость образцов до обработки Ra , мкм	Шероховатость образцов после обработки Ra , мкм
1,1	1	8,2	3,4
1,2	3		2,7
1,3	5		1,7
1,4	10		0,8
1,5	15		0,77
2,1	1	3,2	0,7
2,2	3		0,7
2,3	5		0,5
2,4	10		0,5
2,5	15		0,4

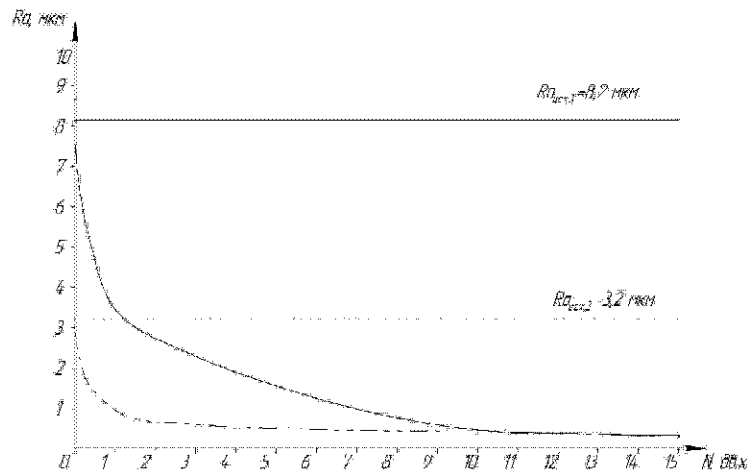


Рис. 4. Зависимость шероховатости Ra от числа дв. ходов

Например, при подаче $S = 2$ м/мин и менее, или при количестве двойных ходов n более 10, или при скорости резания более $V = 25$ м/с, или при использовании «жестких» ПАИ – волокна инструмента не успевают остыть после контакта с поверхностью титановых образцов, оставляя на них тонкую пленку полимерного материала, поэтому применение СОЖ в этих случаях обязательно.

К тому же, наблюдается некоторое улучшение результата обработки ПАИ с использованием СОЖ (Ra меньше на 7... 12 %) по сравнению с обработкой без СОЖ при натягах до 2 мм (рис. 5). При натягах более 2 мм, доля работы боковыми поверхностями волокон увеличивается, уменьшая составляющую силового воздействия на поверхность, из-за чего интенсивность обработки постепенно падает (рис. 5). Дальнейшее увеличение натяга при обработке без СОЖ приводит к налипанию полимера на обрабатываемую поверхность. Применение СОЖ при натяге более 2 мм, обеспечивает проскальзывание изогнутых волокон по поверхности образца с резким снижением эффективности обработки. В связи с этим оптимальная величина натяга составляет 1,5... 2 мм.

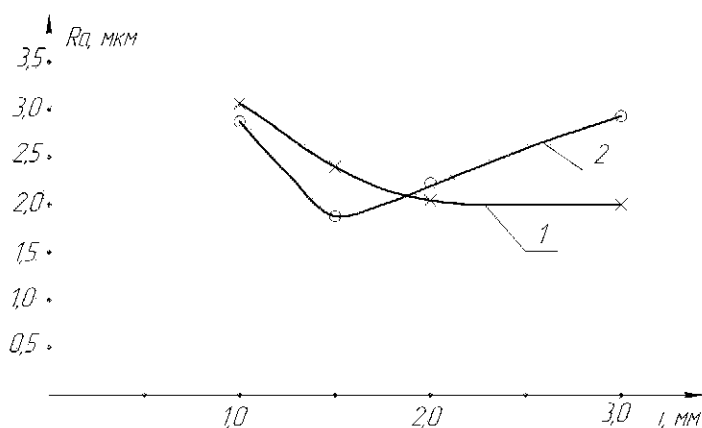


Рис. 5. Зависимость шероховатости от величины натяга и применения СОЖ: 1 – без СОЖ; 2 – с применением СОЖ

Степанов Д.М. Вплив параметрів полімерно-абразивного інструменту та режимів обробки на шорсткість поверхні титанового сплаву BT8-M

Проведені дослідження підвищення якості та продуктивності фінішної обробки жароміцного титанового сплаву BT8-M за допомогою полімерно-абразивних інструментів. Визначено раціональні режими обробки та параметри інструменту на основі полімерно-абразивних волокон.

Ключові слова: *якість поверхні, титановий сплав, режими обробки, параметри інструменту, інструмент на основі полімерно-абразивних волокон.*

Stepanov D. Influence of polymer-abrasive tool parameters and method of processing on the roughness of titanium alloy BT8-M surface

The possibility to improve the quality and efficiency of BT8-M finishing procession, the high-strength titanium alloy by using polymer-abrasive tools have been researched. Rational method of processing and parameters of tools based on polymer-abrasive brushes have been set.

Key words: *surface quality, titanium alloy processing method, instrument parameters, instrument based on polymer-abrasive fibers.*

При рассмотрении влияния скорости резания на шероховатость ее изменяли от 5 до 35 м/с. Изменение скорости значительно не повлияло на параметр Ra получаемой поверхности (изменение наблюдалось в пределах 5 %), однако повышение скорости свыше 25 м/с вызвало налипание полимерного материала и необходимость интенсивного применения СОЖ.

Наличие регулярных гребешков и бороздок на исходной поверхности – высотой 0,5... 0,8 мм с таким же шагом – требует уменьшения скорости резания до 4... 6 м/с для их полного удаления, т. к. при скоростях выше 10 м/с гребешки не срезаются, а наволакиваются на поверхность, что резко ухудшает шероховатость.

Таким образом, в результате проведенных исследований были определены оптимальные параметры ПАИ для обработки титанового сплава BT8-M: тип инструмента – дисковый ПАИ диаметром 75 мм; вылет полимерно-абразивного волокна 21 мм; диаметр волокна 1 мм; материал абразивного зерна карбид кремния 63С; зернистость F90 и установлены рациональные режимы обработки: подача 0,5... 1,0 м/мин; скорость резания 4... 5 м/с; натяг 1,5 мм; СОЖ – Амнил 2 % с точки зрения производительность-качество поверхности.