

**ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ
И СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА**

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Иглофрезерование характеризуется микрорезанием в зоне взаимодействия режущих элементов с поверхностью заготовки. Достижимая высота микронеровностей находится в пределах $Ra\ 100...0,32$ мкм и определяется сочетанием технологических факторов [1, 2]. Иглофрезерование в значительной степени подобно процессам фрезерования и шлифования, т. к. при всех указанных способах обработки имеет место дискретный контакт инструмента с обрабатываемой поверхностью. Кроме этого, с фрезерованием иглофрезерование сближает и то, что резание производится металлическими проводочными элементами. С процессом шлифования — количество режущих элементов, а иногда и размеры стружки [1].

Первая из задач заключалась в определении возможности применения иглофрезерования для удаления заусенцев на заготовках лопаток авиационных двигателей. Заготовки из титановых сплавов ВТЗ-1, ВТ-18У (ОСТ 1.9006-86) и ВТ8М (ТУ-805-178-85) были получены закрытой периодической прокаткой на автоматизированной линии. Обработка иглофрезерованием осуществлялась на вертикально-фрезерном станке мод. 6Р10. Для обработки была использована торцовая иглофреза.

Для решения задачи удаления заусенцев необходимо было уточнить толщину удаляемого слоя. При этом с одной стороны не следует стремиться к ее минимизации, т.к. толщина слоя прямо пропорционально влияет на производительность обработки. Но, с другой стороны, стремление свести толщину слоя к минимуму не должно сопровождаться сохранением дефектных зон на самой лопатке. Поскольку это в конечном итоге может привести в процессе эксплуатации к ее разрушению. При выборе критерия, на основе которого можно оценить глубину дефектного слоя, было принято во внимание, что заготовка лопатки прокатывается в ковочных вальцах. Известно, что в результате пластической деформации формируется неоднородная структура металла: различные по величине, форме и ориентировке зерна. Различие в составе характеризуется относительным количеством зерен, присутствующих

фаз и локальной агрегацией внутри отдельных зерен. В ходе предварительного анализа было зафиксировано изменение микроструктуры в зоне заусенцев. Это характерно для лопаток, полученных как в открытых, так и закрытых вальцах. Характерными дефектами являются: отчетливое выраженное течение слоев металла вдоль заусенцев с образованием текстуры; наличие в зоне изменений фазового состава и свойств, выраженное появлением слабо травленных светлых участков.

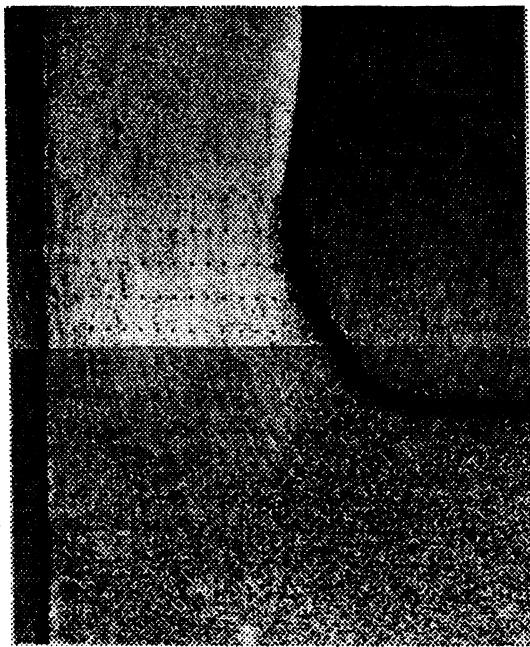


Рис. 1. Микроструктура крупных заусенцев (x100)

Необходимо отметить, что характер дефектов зависит от технологии получения заготовок лопаток. Так, для крупных непрерывных заусенцев, полученных в открытых вальцах, зафиксировано интенсивное течение металла в зону заусенца с одновременным измельчением зерен (рис. 1). В некоторых случаях, как в крупных, так и мелких заусенцах возникают узкие участки сильно текстурированного металла, выходящие из зоны перехода тела лопатки в заусенец и направленные в тело лопатки (рис. 2). И, наконец, в мелких заусенцах микроструктура в большинстве случаев идентична микроструктуре материала тела лопатки с наличием слабо травящихся участков (рис. 3).

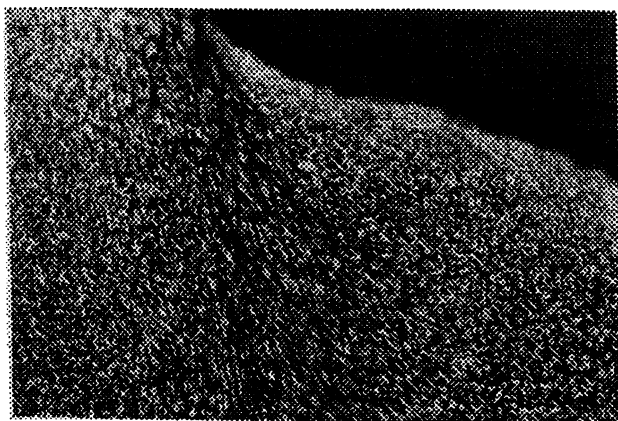


Рис. 2. Участок локальной текстуры (x500)

Изменение микроструктуры предполагалось использовать для определения границ дефектной зоны, которую требуется удалить иглофрезерованием. Однако, полученные результаты металлографического анализа (за исключением микроструктуры, представленной на рис. 1) нельзя трактовать однозначно. Поэтому дополнительно были использованы результаты исследования микротвердости зон заусенцев. Полученные данные позволили установить заусенцы трех типов: крупные, с ярко выраженным упрочнением; мелкие с разупрочнением непосредственно заусенца, но с упрочнением тела лопатки вблизи заусенца; мелкие с разупрочнением заусенца без упрочнения тела лопатки. Анализ расположения точек повышенной микротвердости позволяет определить необходимый припуск для снятия заусенцев иглофрезерованием. Этот припуск следует снимать под углом $\psi/2 = 45 \dots 55^\circ$ к основной поверхности полки лопатки. Это обеспечит гарантированное удаление как заусенца, так и дефектного слоя без повреждения тела лопатки.

С целью повышения качества поверхности был разработан способ обработки [3]. На рис. 4 представлена схема иглофрезерования для удаления заусенцев. Ось 1 иглофрезы 2 устанавливаются параллельно обрабатываемой кромке 3 заготовки 4. Инструменту 2 сообщают вращение V со стороны поверхности 5 заготовки 4. Затем иглофрезу 2 прижимают к кромке 3 с образованием установочного угла $\beta = 35 \dots 45^\circ$ между линией, параллельной боковой поверхности 6 заготовки 4, и линией, проходящей через кромку 3 и ось вращения 1 иглофрезы 2. Инструменту 2 сообщают движение подачи S вдоль кромки заготовки 4. После обработки обеспечивается полное удаление заусенцев.



Рис. 3. Микроструктура мелких заусенцев ($\times 100$)

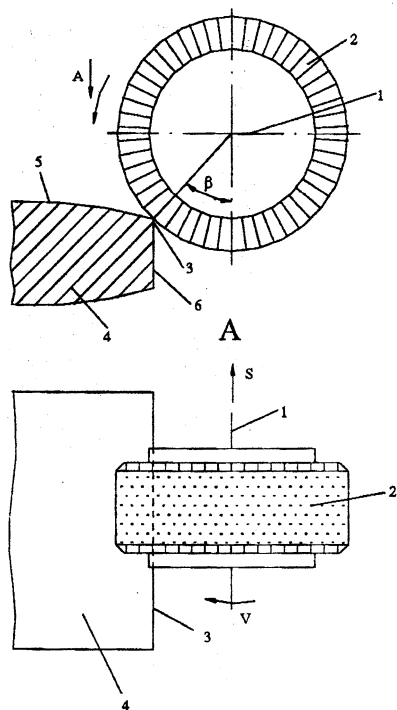
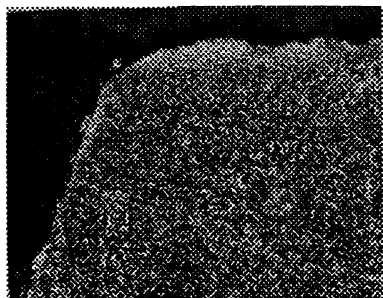


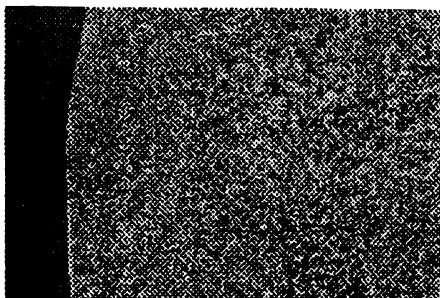
Рис. 4. Схема способа иглофрезерной обработки лопаток: 1 — ось, 2 — иглофреза, 3 — обрабатываемая кромка, 4 — лопатка, 5 — боковая поверхность лопатки, 6 — кромка заготовки

На рис. 5 представлены микроструктуры поверхностного слоя после снятия заусенцев на различных участках лопатки.

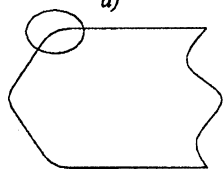
Вторая задача сводилась к обработке торцевой поверхности листовых заготовок из стали 20X13. Обработку осуществляли торцевой иглофрезой на станке мод 6P13. Использовали фрезу диаметром $D_{фр} = 150$ мм, вылетом проволочных элементов $L_{зп} = 20$ мм и диаметров проволочных элементов $d = 0,5$ мм. Для определения взаимного расположения иглофрезы относительно обрабатываемой поверхности, обеспечивающего удаление заусенцев, регулировкой стола станка изменяли положение обрабатываемой заготовки (рис. 6). Рас-



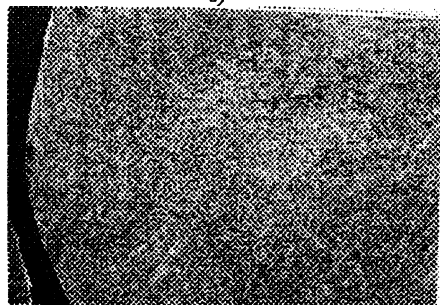
а)



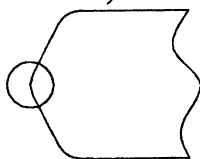
в)



б)



г)



д)

Рис. 5. Поверхностный слой лопатки после обработки:
а) $\times 500$, б) анализируемый участок поверхности лопатки

Рис. 5, продолжение: в) $\times 500$, г) $\times 700$,
д) анализируемый участок поверхности лопатки

стояние $L_i = 0$; $d/2$ изменяли с шагом 10 мм, расстояние $l_i = d/2$; $D/2$ — с шагом 5 мм.

Наихудший результат, с точки зрения удаления заусенцев, был получен при реализации схемы, представленной на рис. 6,а. Наилучший результат — при реализации схемы, изображенной на рис. 6,б.

В результате определения влияния параметров режима иглофрезерования на качество поверхности были выявлены оптимальные значения: скорость резания $V=90 \dots 100$ м/ми; $S=0,8 \dots 1,0$ м/мин; натяг в системе иглофре-

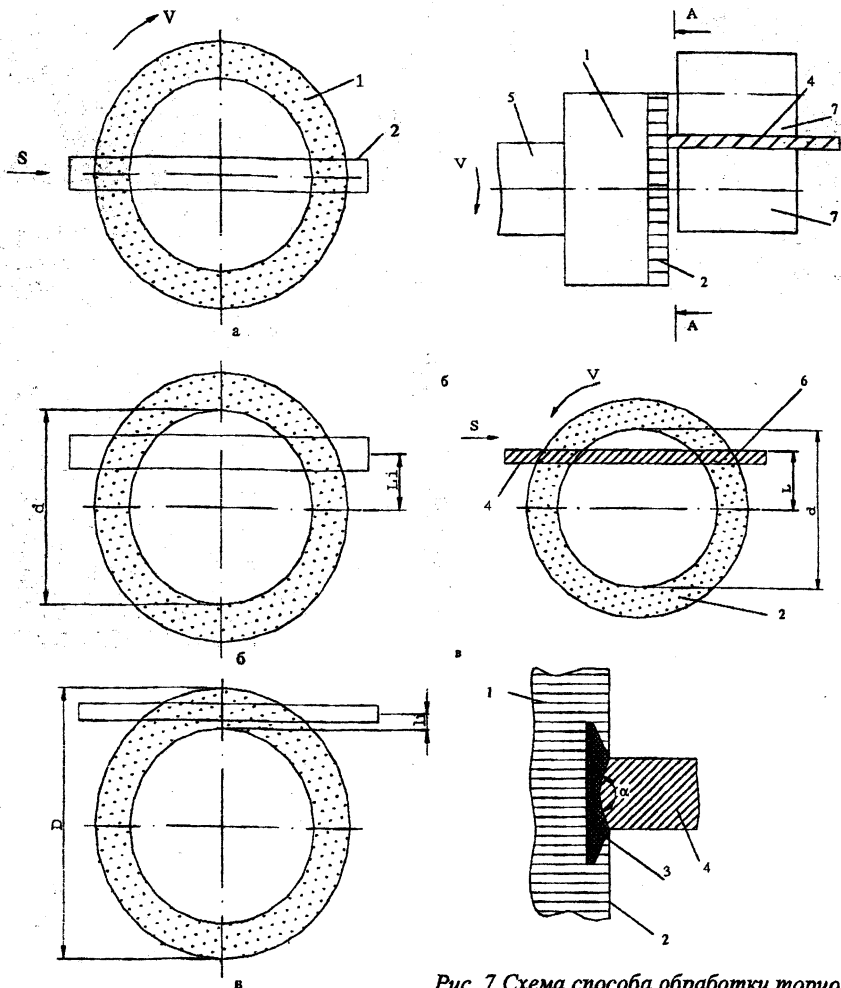


Рис. 6. Схемы положения иглофрезы относительно обрабатываемой поверхности:

- 1 — рабочая поверхность иглофрезы;
2 — обрабатываемая поверхность

Рис. 7. Схема способа обработки торцов иглофрезерованием:

- 1 — иглофреза, 2 — рабочая поверхность иглофрезы,
4 — обрабатываемая заготовка, 5 — ось вращения иглофрезы, 6 — обрабатываемая поверхность (торец заготовки),
7 — подающие ролики

за — обрабатываемая поверхность $i = 2, 0 \dots 2, 5$ мм. На основании полученных результатов был разработан способ, обеспечивающий повышение производительности обработки путем одновременного иглофрезерования двух кромок боковой поверхности заготовок [4]. На рис. 7 представлена схема разработанного способа. Инструмент 1 устанавливают рабочей поверхностью 2 со стороны боковой поверхности 3 заготовки 4. Указанные поверхности 2 и 3 располагают параллельно друг другу. Ось вращения 5 иглофрезы смещают относительно заготовки таким образом, чтобы расстояние L от наиболее удаленной оси 5 кромки 6 заготовки 2 до упомянутой оси 5 было меньше половины наименьшего диаметра d рабочей поверхности 2 иглофрезы 1 $L < d/2$ (см. рис. 7,а). Иглофрезу сообщают вращение, а заготовке 4 с помощью роликов 7 — подачу S . Инструмент прижимают рабочей поверхностью 2 к боковой поверхности 3 заготовки 4 (см. рис. 7,б). За счет круговой рабочей подачи иглофрезы и упругого охвата проволочными элементами инструмента обеих кромок боковой поверхности заготовки происходит удаление заусенцев на обеих кромках с формированием на боковой поверхности 3 заготовки угла α (в поперечном сечении заготовки $\alpha = 110 \dots 120^\circ$). Смещение оси 5 иглофрезы относительно заготовки 4 указанным выше образом позволяет уменьшить натяг, необходимый для удаления заусенцев за счет улучшения условий резания. Величина смещения определяется характером, видом, размерами стружкообразования при иглофрезеровании; видом, размерами и происхождением заусенца; направлением взаимодействия проволочных элементов с боковой поверхностью заготовки. Характер стружкообразования зависит от обрабатываемого материала. Параметры заусенца определяются типом и режимами предшествующей обработки, формирующей заусенцы. Направление взаимодействия проволочных элементов с боковой поверхностью заготовки зависит от кривизны рабочей поверхности иглофрезы в зоне контакта с заготовкой, плотностью набивки проволочных элементов и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серебрицкий П.П. Обработка деталей механическим щетками. — Л.: Лениздат, 1967. — 152 с. 2. Салуквадзе В.С., Коптев В.М. Иглофрезерная обработка поверхности металлов // Экспресс-информация, серия ХМ-9. — М.: ЦНИТХимнефтемаш, 1986. — № 2. — С. 8. 3. А.с. 1673310 СССР, МКИ³ В 23 С 3/12. Способ обработки заготовки / А.Л. Абугов, Н.Ф. Шутов, И.Л. Баршай, Ф.А. Бурцева (СССР). — №4646319/08; Заявлено 5. 12. 88; Оpubл. 30. 08. 91; Бюл. № 32 // Открытия и изобретения. — 1991. — №32. — С. 55. 4. А.с. 1673310 СССР, МКИ³ В 23 С 3/12. Способ обработки заготовки / А.Л. Абугов,

Н.Ф. Шутов, И.Л. Баршай, Ф.А. Бурцева (СССР). — №4646319/08; Заявлено 5. 12. 88; Опубл. 30. 08. 91; Бюл. № 32 // Открытия и изобретения. — 1991. — №32. — С. 55.

УДК 621.787.4.07

В.А. Горохов

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ППД

*Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь*

Развитие обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД) можно характеризовать 4 основными этапами. На первом этапе были применены накатывание шарами и роликами и выглаживание твердосплавными и алмазными наконечниками. При этом уменьшалась высота микронеровностей, изменялась их форма, увеличивалась несущая способность поверхностей, достигалось упрочнение подповерхностного слоя материалов деталей. А вот маслосъемность поверхностей была незначительной и не обеспечивала ряда эксплуатационных свойств (например, сопротивление схватыванию и задирам, легкость страгивания и плавность перемещения элементов соединений).

На втором этапе появилась вибрационная обработка ППД шарами и алмазными наконечниками с использованием специальных источников вибрации — виброголовок с различными приводами. При этом обеспечивалась регуляризация микрогеометрии поверхностей (ГОСТ 24773-81), одновременное обеспечение требуемых несущей способности и маслосъемности, более эффективное упрочнение подповерхностного слоя материала деталей. Но усложнилась и подорожала оснастка, увеличились затраты энергии (на привод виброголовок), появилось отрицательное влияние вибрации на оборудовании, вибрации и шума на людей. Кроме этого виброобработка ППД этого уровня отличилась низкой производительностью, т.к. выполнялась одним инструментом.

Третий этап характеризовался появлением способов виброобработки ППД профильным инструментом [2] без источников вибрации — это удешевило оснастку, уменьшило энергозатраты на обработку, исключило отрица-