УДК 621.9.025.011:621.892

ДВИРНАЯ О.З., ШУМИЛОВ А.П., ЧИСТОВСКИЙ Ю.И.,
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ ЖАРОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Описаны основные технологические факторы, в наибольшей степени, влияющие на параметры качества обработанной поверхности при протягивании. Предложена оригинальная конструкция резца для изучения обрабатываемости жаропрочных материалов.

The basic technology factors influencing parameters of the broaching surface quality are described. The original design of a cutter for studying high-temperature steel machining is offered.

Постановка проблемы. Турбина, как источник или преобразователь энергии, широко применяется в теплоэнергетике, судовых и авиационных двигателях, а также для наземного подвижного транспорта. Чем выше рабочая температура газа в турбине, тем экономичнее установка и двигатель в целом, так как с их повышением уменьшается удельный расход топлива и воздуха на единицу мощности.

Изложенное выше обстоятельство привело к непрерывному повышению рабочих температур, и как следствие – к использованию все новых видов жаропрочных сталей и сплавов. Однако использование таких материалов влечет за собой ряд проблем связанных с их стоимостью и обрабатываемостью.

В условиях рыночной экономики, отличительной характеристикой которой является наличие жесткой конкуренции, машиностроительные предприятия вынуждены изыскивать новые материалы (равнозначные по механическим свойствам и близкие по химическому составу, но более дешевые) для изготовления своей продукции. Особенно это касается предприятий судового газотурбостроения, которые в своем производстве используют большое количество высоколегированных, жаропрочных и коррозионностойких сталей и сплавов, большая часть которых труднообрабатываемые.

Обрабатываемость материалов, т.е. способность их поддаваться обработки режущими инструментами, определяется комплексом физических и технологических свойств [1, 2].

Наиболее часто обрабатываемость определяют интенсивностью износа инструмента, характеризуемого допускаемой скоростью резания, величинами возникающей силы резания и температуры, а также получающимся при обработке качеством поверхности [3].

Количественное выражение обрабатываемости зависит от вида материалов, их химического состава, способа получения заготовки, режима термообработки, определяющих структуру и механические свойства.

В условиях производства крупногабаритных (дорогих) деталей и точных их элементов, таких как замковые пазы дисков турбин и компрессоров, изготовление которых рассматривается в статье, наиболее важной характеристикой обрабатываемости становится понятие качества поверхности. Однако, на данный момент не существует одного качественно количественного показателя всецело характеризующего качество обработанной поверхности. Так же теория резания не дает и практических рекомендаций аналитического расчета с заданной точностью основных параметров качества обработанной поверхности (в работе рассмат-

ривается поверхность, образованная методом протягивания). Поэтому данные исследования считаются ***актуальными.***

Цели данной статьи: 1) обозначение понятия качества поверхности при протягивании замковых пазов в дисках турбин и компрессоров; 2) определение основных технологических факторов в наибольшей степени влияющих на параметры качества обработанной поверхности при протягивании.

Анализ последних исследований и публикаций. Одни из последних исследований в данной области проводились на базовом предприятии ГП НПКГ "Зоря"-"Машпроект", описанные в работе [4]. В результате этих исследований выявлены некоторые параметры качества обработки замковых соединений методом протягивания и даны практические рекомендации по её улучшению.

Качество поверхностного слоя, образованного в результате механической обработки, характеризуется рядом параметров о совокупности которых существуют различные мнения, которые описаны во многих работах [2, 5, 8]. В настоящее время под качеством поверхности понимают состояние поверхностного слоя детали, характеризующиеся следующими параметрами [9]:

- Геометрическими свойствами: макрогеометрией; микрогеометрией (шероховатостью); субмикрогеометрией.
- Физико-механическими свойствами поверхностного слоя: микротвердостью; остаточными напряжениями; микронапряжениями; субмикронапряжениями (т.е. напряжениями I, II и III рода).
- Структурой поверхностного слоя: формой и размерами структурных составляющих.

Основной материал. В данной работе исследуется качество поверхности замковых пазов типа "ёлка" и "ласточкин хвост", расположенных на ободе дика турбины, изготовленного из стали ЭП517Ш (15Х12Н2МВФАБ-Ш).

Для характеристики качества поверхностного слоя принято два основных технологических параметра обработанной поверхности – геометрический и физико-механический. Первый характеризуется шероховатостью поверхности (для ее количественного определения принято среднее арифметическое отклонение профиля Ra, мкм), второй параметр – глубиной и степенью наклепа.

Особенностью замковых соединения является их способность длительное время работать при высоких температурах в сложнонапряженном состоянии при одновременном воздействии агрессивной внешней среды, которая активизирует коррозионные процессы на поверхности соединений.

Отклонение принятых параметров качества от расчетных норм приводит не только к ухудшению эксплуатационных свойств исследуемого узла, но и к отказу турбины в целом, так как шероховатость, глубина и степень наклепа в большей степени влияют на усталостную прочность и коррозионную стойкость деталей.

Поэтому для обеспечения надежной работы исследуемого узла необходимо иметь математические зависимости для расчета оптимальных значений параметров шероховатости и степени наклепа при протягивании.

В настоящее время эмпирическим путем исследовано влияние отдельных технологических факторов на данные параметры. Установлено, что на шероховатость поверхности в процессе протягивания (строгания) наибольшее влияние оказывают:

- факторы, связанные с геометрией процесса резания;
- пластическая и упругая деформация обрабатываемого материала;
- вибрации инструмента относительно обрабатываемой поверхности.

Степень и глубина (толщина) распространения наклепа изменяются в зависимости от вида и режима механической обработки и геометрии инструмента.

В работе [10] предложены приближенные зависимости для определения степени наклепа от геометрических параметров режущей кромки протяжки, однако они выведены для определенных условий резания и не могут быть адаптированы под большое разнообразие условий машиностроительного производства.

Зависимости шероховатости и степени наклепа одновременно от ряда основных факторов механической обработки вида:

$$Ra = f(\rho, v, s, \gamma, HB), \quad N = f(\rho, v, s, \gamma, HB),$$

где ρ – угол округления режущей кромки; v – скорость резания (протягивания, строгания); s – подача (строгание) или подъём на зуб (протягивание); γ – передний угол; HB – твердость обрабатываемого материала, пока еще не установлены, однако они могут быть получены путем постановки многофакторного эксперимента.

Наличие таких зависимостей позволит рационально управлять качеством поверхности образованной методом протягивания при различных комбинациях значений влияющих факторов.

Для определения описанных выше зависимостей, на первом этапе, было предложено провести ряд экспериментов на поперечно-строгальном станке модели 7А33. Станок данной модели позволяет исследовать достаточно большую область скоростей резания (от 2,3 м/мин при числе двойных ходов в минуту n = 46,6 до 34,8 м/мин при n = 186,3).

В ходе работы авторами была предложена оригинальная конструкция строгального резца с механическим креплением режущей пластины. Материал пластины и ее геометрические параметры идентичны материалу и геометрии зуба протяжки. Конструкция данного резца представлена на рис. 1

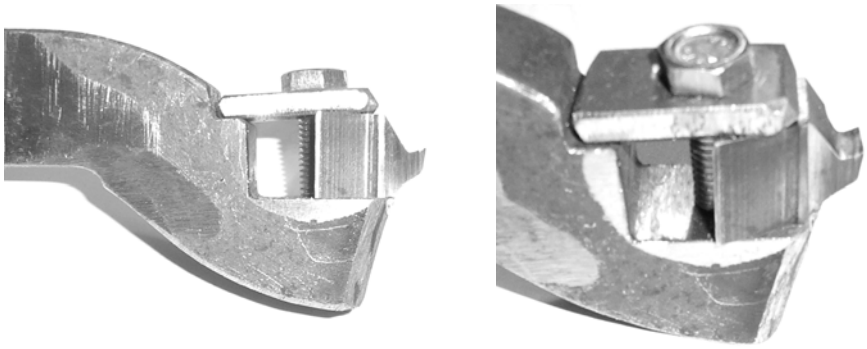

Рис. 1. Резец строгальный (авторская конструкция)

Выводы: 1. Качество поверхностного слоя, образованного в результате протягивания, характеризуется большим количеством геометрических, физико-механических, структурных и других параметров. Среди которых наибольшее влияние на дальнейшие эксплуатационные свойства машины (турбины) имеет шероховатость поверхности, глубина и степень наклепа.

2. Для рационального управления качеством поверхности (выбора оптимальных режимов резания, геометрии режущего инструмента и свойств обрабатываемого материала) необходимо с помощью постановки многофакторного эксперимента вывести функциональные зависимости вида:

$$Ra = f(\rho, v, s, \gamma, HB),\ N = f(\rho, v, s, \gamma, HB).$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Развитие науки в резании металлов / Под. ред. И.Н. Зорев. – М.: Машиностроение, 1967. – 415 с.
2. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. – М.: Высшая школа, 1974. – 590 с.
3. Армрего И. Дж. и Баун Р. Обработка металлов резанием / Перевод с англ. – М.: Машиностроение, 1977. – 325 с.
4. Шумилов А.П., Клименко О.З. Технологические способы улучшения качества поверхности замковых соединений при протягивании пазов типа “ёлка” и “ласточкин хвост” // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2006. – № 2 (407). – С. 66-70.
5. Обработка резанием жаропрочных сталей, сплавов и тугоплавких материалов / Под. ред. А.М. Даниеляна. – М.: Машиностроение, 1965. – 308 с.
6. Производительность и качество при обработке жаропрочных и титановых сплавов. Сборник статей кафедры “Резание, станки и инструменты” / Под ред. И.И. Резникова. – Куйбышев, 1967. – 228 с.
7. Качество поверхности, обработанной деформирующим протягиванием. Для ИТР. – К.: Наукова думка, 1977. – 187 с.
8. Резание и качество обработки жаропрочных сплавов / Под ред. канд. техн. наук К.П. Имшенника. – М., 1965. – 42 с.
9. Справочник инженера-технолога в машиностроении / Под ред. А.П. Бабичев, И.М. Чукарина, Т.Н. Рысева и др. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 542 с.
10. Пронкин Н.Ф. Протягивание труднообрабатываемых материалов. – М.: Машиностроение, 1978. – 117 с.

Надійшла до редколегії 14.11.07.