

УДК 621.9.02

В.Ф. МАКАРОВ¹, В.Р. ТУКТАМЫШЕВ²¹ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет», Россия²ОАО «Пермский Моторный Завод», Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОТЯГИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГТД НА СТАНКАХ ЧПУ

Приведен аналитический обзор экспериментальных исследований, по протягиванию жаропрочных материалов, с использованием инструмента из различных режущих материалов, также приведены физические основы оптимизации процесса протягивания. Использовались следующие материалы протяжек: быстрорежущая сталь P18П, быстрорежущая сталь P12Ф2К5М3-МП и твердый сплав ВК8. Отмечено, что протяжки из твердого сплава имеют более высокую стойкость на более высоких режимах резания по сравнению со стойкостью быстрорежущих сталей, причем их стойкость возрастает с увеличением скорости резания.

Ключевые слова: протягивание, жаропрочные сплавы, твердые сплавы, оптимальное резание.

Введение

В последнее время для процесса протягивания деталей с большим припуском на обработку все чаще применяются новые протяжные станки с большой длиной хода (до 10 метров) и с автоматическим управлением от системы ЧПУ. Например, на ОАО «Пермский моторный завод» для протягивания глубоких пазов ёлочного профиля в дисках турбин в 2007 году был приобретен горизонтально протяжной станок мод. RAWX25 фирмы HOFFMANN с ЧПУ вместо обычно применяемого станка мод. 7A540. При его проектировании и изготовлении были применены самые последние и современные разработки и технологии. В процессе внедрения станка выяснилось, что применение его на прежних режимах протягивания (2 м/мин) с быстрорежущими протяжками экономически неоправданно. Так, например, при протягивании 73 ёлочных пазов в дисках турбин из жаропрочного сплава ЭП741НП протяжками из быстрорежущей стали P18 на скорости резания 1,5-2 м/мин общее время обработки составляет более 24 часов. При этом стойкость протяжек составляет не более одного диска. Поэтому рассмотрена задача повышения эффективности использования этого дорогостоящего протяжного станка с ЧПУ.

На ОАО «Пермский моторный завод» проведен широкий комплекс научно-исследовательских работ по разработке и внедрению процессов скоростного протягивания деталей ГТД из различных сталей и сплавов с применением твердосплавных протяжек.

Теоретической основой применения скоростного протягивания твердосплавными протяжками явилось установление оптимальных температурных зон в процессе резания, при которых наблюдалось

существенное снижение износа протяжек, сил резания и усадки стружки. Физическая природа этого явления выяснилась при проведении высокотемпературных механических испытаний образцов обрабатываемых материалов на растяжение. Установлено (рис. 1), что при определенной температуре (например, 700 °С для сплава ЭИ787ВД) наблюдается явление провала пластичности материала (минимум относительного сужения ψ и удлинения δ) при снижении его прочностных свойств σ_b .

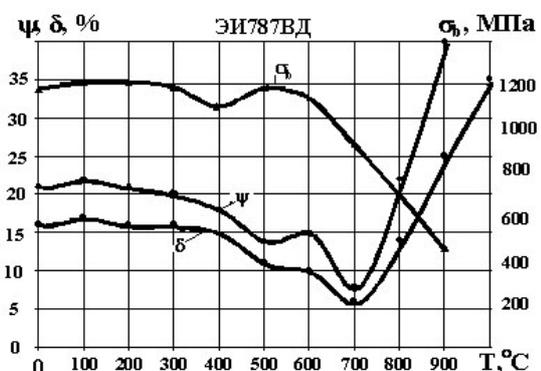


Рис. 1. Влияние температуры механических испытаний (Т) на прочностные (σ_b) и пластические (δ, ψ) свойства жаропрочного сплава ЭИ787ВД

Оптимальными условиями в процессе резания считаются такие, при которых наблюдается минимальная интенсивность износа инструмента. Были проведены эксперименты с различными подачами на зуб при протягивании сплава ЭИ787ВД. Минимальная интенсивность износа протяжек наблюдалась при различных оптимальных скоростях резания V_0 для различных подач на зуб Sz, но при одной и той же оптимальной температуре резания $T_0 = 700^\circ\text{C}$.

Таким образом, был разработан новый метод протягивания на оптимальных скоростях для каждой секции протяжки. Согласно новому методу скорость резания при последовательном переходе на каждую следующую секцию протяжки необходимо увеличивать до оптимального значения для заданной подачи на зуб (рис. 2).

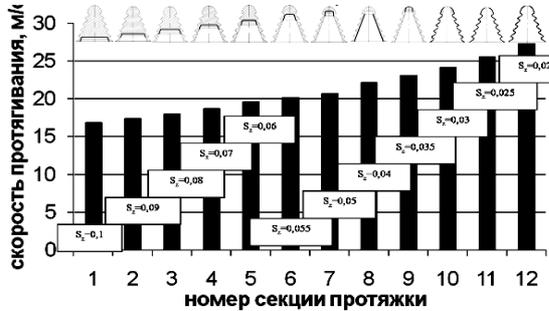


Рис. 2. Скорость протягивания при использовании нового метода

На основе этих исследований разработан и внедрен в производство новый способ скоростного протягивания замков лопаток типа "ласточкин хвост".

Сравнительный статистический анализ показал, что замена применяемого на производстве низкоскоростного процесса протягивания на вновь разработанный способ высокоинтенсивного скоростного протягивания твердосплавными протяжками помимо повышения производительности (машинное время сокращается в 10 и более раз), обеспечивает повышение средней стойкости протяжек, например, в 10,5 раз при протягивании замков лопаток из жаропрочного сплава ЭИ787ВД, в 27 раз при протягивании замков из титанового сплава ВТ3-1 и в 31 раз при протягивании замков из стали ЭИ736Ш.

Для повышения эффективности использования нового станка впервые в России было разработано несколько конструкций протяжек со сменными пластинами (рис. 3), которые на данный момент проходят испытания.

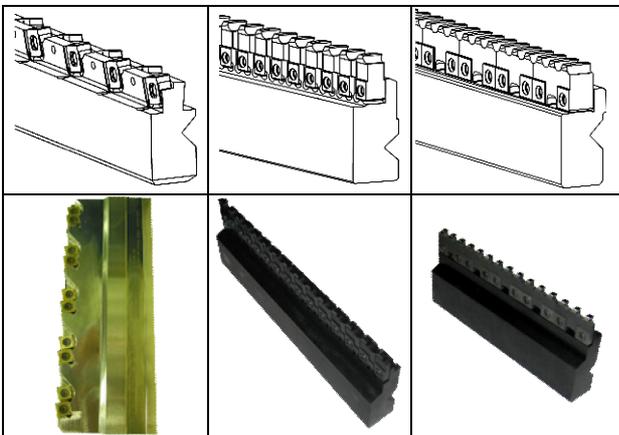


Рис. 3. Эскизы предварительно разработанных конструкций протяжек и изготовленные образцы

1. Экспериментальная часть

При внедрении в производство нового жаропрочного сплава ВВ751П, было выявлено, что при применении традиционного способа протягивания обработка дисков из этого материала невозможна. Эксперименты проводились на диске из сплава ВВ751П. В качестве инструмента применялись трехзубые протяжки с подъемом на зуб 0,05 мм/зуб (рис. 4).

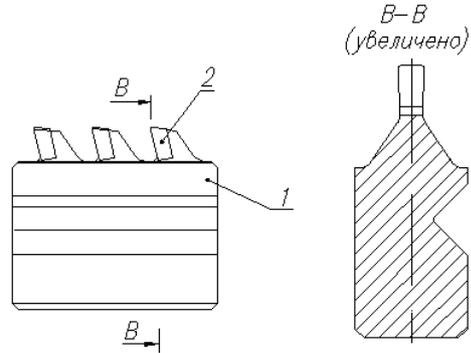


Рис. 4. Экспериментальные трехзубые протяжки с напайными твердосплавными пластинами

Испытывались следующие инструментальные материалы: Р18П, Р12Ф2К5М3-МП, ВК8.

Измерялся износ по задней поверхности.

Материалы Р18П, Р12Ф2К5М3-МП испытывались на скорости 1 м/мин, замеры проводились на 5, 10, 20 резах.

При предварительных исследованиях было выявлено, что протяжки из сплава Р18П при протягивании ЭИ698ВД на скорости 8 м/мин, сторают при первом резе.

Материал ВК8 испытывался на скорости 6, 8, 10, 12 м/мин, замеры проводились на 10, 20, 40 резах.

Максимальный износ допустимый при протягивании дисков турбин 300мкМ.

Ниже приведена таблица (табл. 1) изменения значения износа протяжек в мкМ из различных материалов по задней поверхности, в зависимости от количества резов.

Таблица 1

Анализ изменения значения износа протяжек (мкМ)

Нреза	Р18П 1 м/мин	Р12Ф2К5М3-МП 1 м/мин	ВК8 6 м/мин	ВК8 8 м/мин	ВК8 10 м/мин	ВК8 12 м/мин
5	225	175				
10	300	250	60	50	50	50
20	450	375	75	75	75	60
40			225	200	150	150

2. Анализ полученных результатов

Основные выводы из проведенных экспериментов следующие:

– протяжки из сплавов P18, P12Ф2К5М3-МП изнашиваются при 10 резах, наблюдается образование сколов и проточин;

– протяжки из сплавов ВК8 не достигли критического износа при 40 резах (количество пазов на диске 52 шт.), это позволяет сделать вывод о возможности обработки всей детали одной протяжкой;

– износ протяжек из сплавов ВК8 уменьшался с увеличением скорости резания;

– твердосплавные протяжки при скоростях выше 12 м/мин не испытывались, хотя можно допустить, что износ протяжек будет уменьшаться до 16-18 м/мин.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что разработанный принципиально новый метод скоростного протягивания на оптимальных для каждой секции протяжек скоростях резания обеспе-

чивает помимо высокой производительности более высокую стойкость как предварительных, так и окончательных протяжек, улучшает качество поверхностного слоя, повышает стабильность технологического процесса. Все это отражается в конечном счете на повышении усталостной прочности, надежности и ресурса обрабатываемых деталей ГТД.

Литература

1. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания [Текст] / А.Д. Макаров // М.: Машиностроение, 1976. – 278 с.

2. Макаров В.Ф. Интенсификация процесса протягивания труднообрабатываемых материалов [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / В.Ф. Макаров. – М.: СТАНКИИ, 1998.

3. Макаров В.Ф. Интенсификация процесса протягивания на протяжном станке «KURT HOFFMANN» [Текст] / В.Ф. Макаров, В.Р. Туктамышев // Материалы 4-й всероссийской научно-технической конференции молодых специалистов, посвященная 83-й годовщине образования ОАО «УМПО»: сб. мат. – Уфа: УГАТУ, 2008. – С. 24.

Поступила в редакцию 12.02.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Иванов, Пермский государственный технический университет, Пермь, Россия.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПРОТЯГУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ГТД НА ВЕРСТАТАХ ЧПУ

В.Ф. Макаров, В.Р. Туктамышев

Наведено аналітичний огляд експериментальних досліджень за протягування жароміцних матеріалів з використанням інструменту з різних ріжучих матеріалів, також наведені фізичні основи оптимізації процесу протягування. Використовувалися наступні матеріали протяжок: швидкоріжуча сталь P18П, швидкоріжуча сталь P12Ф2К5М3-МП і твердий сплав ВК8. Відзначено, що протяжки з твердого сплаву мають більш високу стійкість на більш високих режимах різання в порівнянні з стійкістю швидкорізальних сталей, причому їх стійкість зростає із збільшенням швидкості різання.

Ключові слова: протягування, жароміцні сплави, тверді сплави, оптимальне різання.

IMPROVING THE PROCESS OF PULLING PARTS OF GTE ON CNC MACHINES

V.F. Makarov, V.R. Tuktamyshev

An the analytical review of experimental studies, broaching on heat-resistant materials, using tools from different cutting materials, as described physical basis optimize broaching. The following materials broaches: High-speed steel R18P, high-speed steel R12F2K5M3-MP and carbide VK8. It is noted that broaching carbide have a higher resistance at higher cutting conditions, as compared with the stability of high-speed steels, and their resistance increases with increasing cutting speed.

Keywords: drawing, high-temperature alloys, hard alloys, the optimum cutting.

Макаров Владимир Федорович – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технология машиностроения, Пермский государственный технический университет, Пермь, Россия, email: tms3@pstu.ru.

Туктамышев Виталий Рафаилович – канд. техн. наук, ведущий инженер-технолог ОАО «Пермский Моторный Завод», Пермь – Россия, email: TuktamyshevVR@pmz.ru.