

дальнейшей переработки тонких горячекатаных полос: бесконечная дальнейшая холодная прокатка и обработка или обычный процесс с разрывом между горячей и холодной прокаткой. Оба варианта имеют свои недостатки и преимущества. Бесконечная проката обеспечивает существенную экономию энергоресурсов, но требует больших капитальных затрат на обеспечение безопасности непрерывного процесса. Поэтому при производстве высококачественных сталей предпочитают обычный, т. н. Batch-процесс.

Схема VSB на рис. 9 обеспечивает возможность прокатки как ультратонких полос в бесконечном режиме, так и толстых полос (до 18 мм) из трубных марок сталей.

Для бесконечного процесса больше подходит УНРС типа VLB. В этом модуле непрерывнолитые слябы прокатываются в черновой редуцирующей клетке. Последующая туннельная печь даёт возможность прервать процесс для перевалки валков. Летучие ножницы перед моталками режут бесконечную полосу на отдельные части, сматываемые моталками в рулоны. Дальнейшей задачей является повышение скорости разливки, чтобы достичь ещё большей экономии энергоресурсов, и увеличение толщины разливаемых слябов для повышения производительности. Для производства толстых полос из трубных сталей экономически выгодны УНРС типа VLB с изгибом литого сляба с жидкой сердцевиной. Такая УНРС может иметь производительность до 2 млн. т/год для одного ручья. В заключение доклада отмечается, что разработанные модульные установки CSP и CSP flex фирмы SMS Siemag обеспечивают возможность получения широкого марочного и размерного сортамента горячекатаных полос из непрерывнолитых слябов с высокой экономической эффективностью.

© Д-р техн. наук А. Л. Геллер, д-р техн. наук В. Г. Горелик
Дюссельдорф, Германия

Geller A., Gorelik V. Annual international conference of metallurgists in Dusseldorf (Germany) «Steel 2011»

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРИМЕРЕ ЛОПАТОЧНЫХ ДИСКОВ ГТД

Для обеспечения выпуска конкурентоспособных двигателей предприятия авиационной промышленности внедряют систему менеджмента качества. При этом реализация требований заказчика к авиадвигателям на всех этапах жизненного цикла обеспечивается процессным подходом по ДСТУ ISO 9000, когда выход предыдущего процесса является входом для последующего (рис. 1).

Каждый процесс преобразует входной поток в выходной. Так, после конструкторской подготовки потребительские характеристики (требования) преобразуются в рабочие чертежи деталей и сборочные чертежи. После технологической подготовки требования чертежей к точности размеров, формы и расположения поверхностей, шероховатости, качеству поверхностного слоя преобразуются в маршрут обработки и режимы резания на соответствующем оборудовании. Процесс производства преобразует заготовку в деталь на выбранном оборудовании и назначенными режимами резания. Таким образом, деталь изготавливается в соответствии с требованиями чертежа и для предназначенных условий эксплуатации.

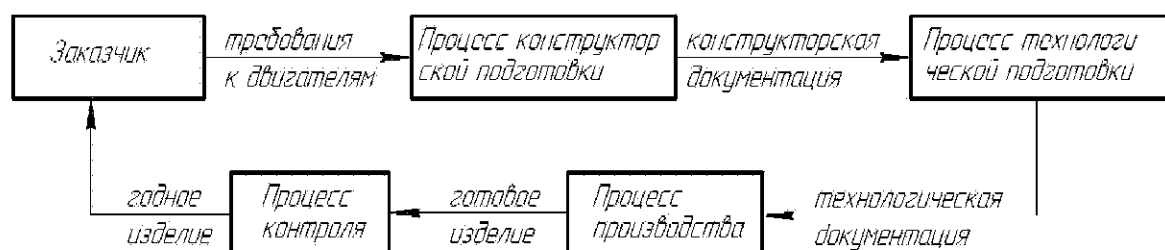


Рис. 1. Процессный подход при изготовлении продукции

Такой подход позволяет на каждом этапе жизненного цикла выполнять требования внешнего заказчика с использованием технических параметров, характерных для выполняемого процесса.

Реализация процессного подхода и преобразование входных потоков в выходные возможно благодаря использованию развертывания функции качества QFD (Quality Function Deployment) [1]. Основа QFD – построение так называемой фигурной матрицы, названной в соответствии со своей формой «Дом качества», в рамках которой фиксируется информация о качестве продукта и принимаемых решениях.

Центральная часть матрицы – это таблица, столбцы которой соответствуют техническим характеристикам, а строки потребительским. В клетках, образуемых пересечением строк и столбцов, отмечается корреляционная зависимость, если она есть. Верхнюю часть («крышу») представляют данные о существовании (+) зависимости между техническими характеристиками.

На рисунке 2 показан «Дом качества» для преобразования требований заказчика в рабочий чертеж деталей газотурбинных двигателей (ГТД) на этапе конструкторской подготовки.

При создании рабочих чертежей конструктор указывает материал детали, твердость, геометрические размеры, допуски на размер, форму и взаимное расположение поверхностей, шероховатость. Этих характеристик достаточно для большинства деталей машин. Но для деталей авиационных двигателей, как показал анализ литературных источников, в технических требованиях необходимо указать такие характеристики как глубина и величина наклепа, величина и вид остаточных напряжений. Это связано с тем, что несущую способность ответственных деталей ГТД, таких как валы, диски, лопатки, эксплуатируемых в условиях циклических нагрузок, характеризует сопротивление усталости (предел выносливости). Схема на рис. 3 показывает параметры и факторы, которыми можно управлять и контролировать на этапе изготовления детали. Их оптимальные значения могут обеспечить высокие показатели сопротивления усталости.

Технические характеристики Требования	Материал	Формат	Размер	Точность			Шероховатость	Твердость	Наклеп	Остаточные напряжения
	Ранг			микрошпиг	форма	расположение				
Несущая способность	1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Σ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

Рис. 2. Матрица взаимосвязи между требованиями заказчика и конструкторской подготовкой

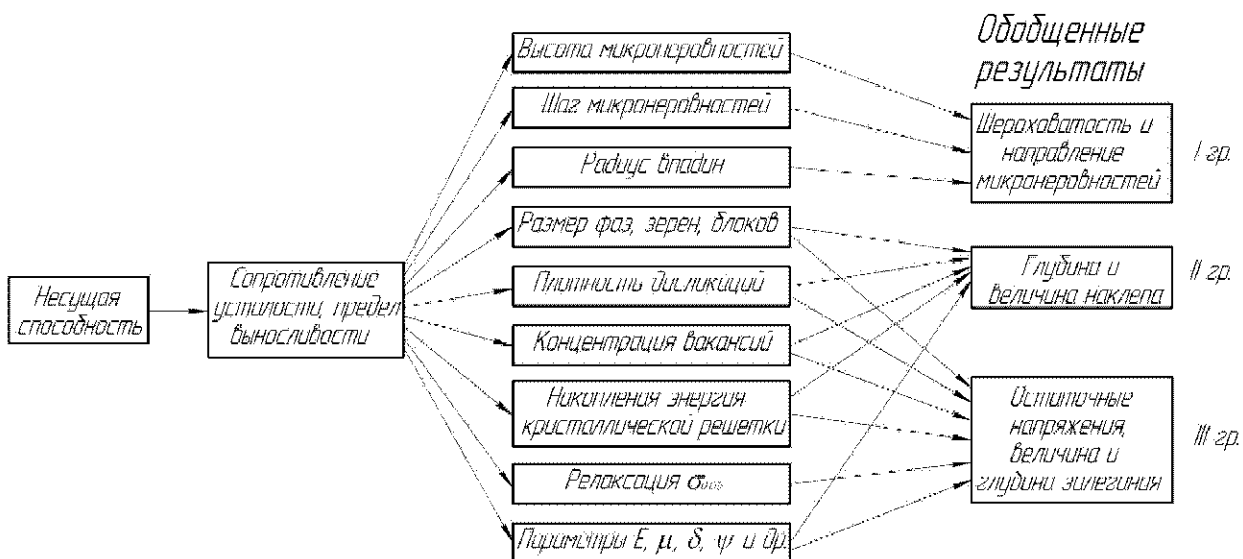


Рис. 3. Факторы, влияющие на несущую способность деталей ГТД

Лопаточные диски турбин и компрессоров ГТД имеют по ободной части пазы – «елочные» и «ласточкин хвост», которые являются зоной высокой концентрации напряжений и, соответственно, зоной наиболее вероятной повреждаемости дисков. В связи с этим, неблагоприятное напряженное состояние поверхностного слоя пазов и межпазовых выступов (МПВ), полученное на финишном этапе их изготовления, сокращает срок службы диска в целом.

Для обеспечения несущей способности (рис. 2) все технические характеристики значимы (суммарная корреляция S равна 1). Так как в чертеже реализуются условия эксплуатации, то все указанные значения величин формы, размеров и технические условия должны быть обоснованы.

Такой подход позволяет сосредоточить производственные ресурсы на наиболее важных направлениях при обеспечении высокой несущей способности дисков газотурбинных двигателей, т. к. параметры шероховатости, наклепа, остаточные напряжения можно контролировать, а требуемые их значения получать за счет управления технологическим процессом.

Для дисков ГТД такие технические параметры как материал изделия, его размеры, форма, шероховатость поверхности, твердость на основании расчетов и экспериментальных данных определены, но для каждого типоразмера и материала дисков требуют особого внимания, например, такие вопросы (заштрихованные области на рис. 2), как:

- 1) если скругление острых кромок пазов и МПВ радиусом скругления не технологично, и его при обработке заменяют фаской, то насколько равнозначна эта замена с точки зрения обеспечения несущей способности диска;
- 2) какая величина радиуса скругления (или фаски) является оптимальной;
- 3) какая величина остаточных напряжений и глубина наклепанного слоя будут оптимальными для элементов межпазового выступа.

На рисунке 4 показан «Дом качества» на этапе преобразования технических характеристик конструкторской подготовки в технические характеристики технологической подготовки при изготовлении деталей ГТД.

Разрабатываемый технологический процесс должен обеспечивать как точность детали в соответствии с требованиями чертежа, так и производительность обработки. На основании результатов, приведенных в матрице (рис. 4), наиболее значимыми при обработке диска, формообразовании пазов и финишных операций, в частности, являются инструмент (суммарная корреляция Σ равна +1), средства измерения ($\Sigma = +1$) и режимы обработки ($\Sigma = +0,68$).

Технические характеристики		Оборудование	Инструмент	Режимы обработки	Оснастка	Средства измерения
Требования	Ранж					
Материал	0,36					+1
Форма	0,24					
Размер	0,06	+1	+1		+1	+1
Точность	размера	0,04	+1	+1	+1	+1
	формы	0,01	+1	+1		+1
	располож.	0,01	+1	+1		+1
Шероховатость	0,02	+1				+1
Наклеп	0,18					+1
Ост. напряжения	0,02					+1
Твердость	0,36		+1	+1		+1
	Σ	+0,38	+1	+0,68	+0,36	+1

Рис. 4. Матрица взаимосвязи между конструкторской и технологической подготовкой

В связи с этим при технологической подготовке обработки ободной части дисков турбины и компрессора ГТД прежде всего требуют решения следующие вопросы (заштрихованные области на рис. 4):

- выбор инструментов, оборудования, режимов обработки для получения требуемой формы паза и его мелко-размерных элементов;
- поиск средств измерения для проверки соответствия формы геометрических элементов паза чертежу;
- выбор инструментов, оборудования, режимов обработки для получения требуемых величин шероховатости, наклепа, остаточных напряжений на поверхностях пазов и межпазовых выступов.

Таким образом, с помощью процессного подхода была определена очередность постановки проблем по значимости для дисков ГТД – решение этих вопросов обеспечит точность и качество поверхностей, формирование благоприятных свойств поверхностного слоя наиболее нагруженных конструктивных элементов дисков и выполнение требований заказчика в целом.

Список литературы

1. Лапидус В. А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях / В. А. Лапидус. – М. : ОАО «Типография «Новости», 2000. – 432 с.

Одержано 22.11.2012

© Канд. техн. наук Н. В. Гончар

Национальный технический университет, г. Запорожье

Gonchar N. Application of process approach to quality management system as an example of blade gasturbine engines disks

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ ТРИБОМАТЕРІАЛОЗНАВСТВА В КОНТЕКСТІ ПІДГОТОВКИ ВИЩИХ ІНЖЕНЕРНИХ КАДРІВ

Вступ

Динамічні глобалізаційні процеси нерозривної інформаційної та соціотехнічної інтеграції країн Європи, азійського, та східного регіонів, розвинених промислових регіонів США, Канади, Австралії, Північної Америки та інших в економічній і політичній сферах обумовили генерацію нового єдиного наукового та освітнього простору. Тож одним із головних кроків такого стратегічного розвитку стало створення ERA – «Європейського науково-дослідного простору» і ENEA – «Європейської зони вищої освіти», які дозволяють забезпечити адаптацію системи зв'язків науки, промисловості та освіти однієї країни з іншими країнами. Це надає можливості інженерно-технічним кадрам та науковцям, незалежно від місця навчання, одержувати і вдосконалювати кваліфікацію, що підтверджується єдиним міжнародним сертифікатом [1]. Такі тенденції починають виразно проявлятися і в галузі трибоматеріалознавства, розробки технологій підвищення зносостійкості та строку служби деталей машин, робочих органів обладнання. Все більше стає безумовним, що технічні кадри в спряжених галузях трибології, матеріалознавства, зміцнювальних та відновлювальних технологій, зокрема методами наплавлення, напилення та інших новітніх методів нанесення чи створення захисних шарів [2–4], які формувалися як фахівці для роботи в якій-небудь одній виробничо-технологічній системі, на сьогодні вже не можуть повністю задовольнити потреби сучасних як національних, так і транснаціональних промислово-наукових корпорацій і науково-дослідних центрів, що співпрацюють з різними країнами Євросоюзу, США, Азії та інших регіонів світу.

Тому для підготовки інженерних кадрів вищої кваліфікації виникає нагальна потреба у врахуванні сучасних знань трибоматеріалознавства, наукових методик, які дозволять готувати вищі технічні кадри на основі вимог європейської кредитно-модульної системи (ECTS) з урахуванням національних особливостей. Перспективи адаптації методик освіти найбільш актуальні в контексті Болонського процесу, спрямованого на зближення європейських країн у формуванні єдиного європейського освітнього простору, що інтенсивно розвивається. Аналіз інтеграційних зв'язків у галузі підвищення термінів експлуатації механізмів та споріднених науково-технологічних напрямків між провідними країнами показує, що Україна не є винятком і визначила для себе орієнтир на швидке входження в освітній простір Європи та світу. Це стає можливим тільки за національної адаптації освітньої сфери в контексті європейських та загально світових вимог, зокрема виконання яких пов'язано з практичним приєднанням до Болонського процесу. Крім того, важливим чинником у сучасному процесі соціо-технічної інтеграції є урахування сьогоденних світових тенденцій у розвитку різних галузей промисловості та науки, що орієнтовані на застосування та розробку енергоєфективних технологій та матеріалів, а також оптимальне використання сталей і сплавів, що забезпечує збільшення надійності та довговічності деталей робочих органів машин та устаткування. Тож одним з перших місць у питаннях працездатності сталей та сплавів, із яких виготовляються деталі машин, є проблеми тертя, зношування та руйнування при взаємодії зі спряженими поверхнями, зокрема, із твердими абразивними матеріалами.

Матеріали та методика досліджень

Головне навантаження лягає на дослідження наплавлені зносостійких матеріалів в умовах інтенсивної руйнації поверхонь тертя. Синергетичний метод у певних рамках, зокрема здатності трибосистем до адаптації в умовах