

## ОПТИМИЗАЦИЯ НАПРАВЛЕННОГО ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ТУРБОКОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ

The process of manufacturing technology of the bearing rational variant synthesis is considered and the restrictions arising at its realization are entered. The model of manufacturing technology of the bearing directed choice used in a technique of technological process rational variant search of the sliding bearing superficial layer formation with the given technological properties is developed.

Увеличение сроков службы машин, напрямую зависит от повышения износостойкости и надежности узлов трения. При большом разнообразии условий работы деталей наиболее нагруженным у них является поверхностный слой. Поэтому реальный ресурс работы машины напрямую зависит от несущей способности поверхностей деталей, которая определяется качеством их поверхностного слоя.

Решение проблемы оптимизации направленного выбора технологии изготовления и ремонта подшипников скольжения высокоскоростных турбокомпрессорных агрегатов является актуальной задачей в современных условиях производства.

Рассматривая требования к технологии изготовления подшипников скольжения, необходимо определить математическую модель самого подшипника скольжения. Математическая модель подшипника скольжения представлена на рисунке 1 в виде графа.

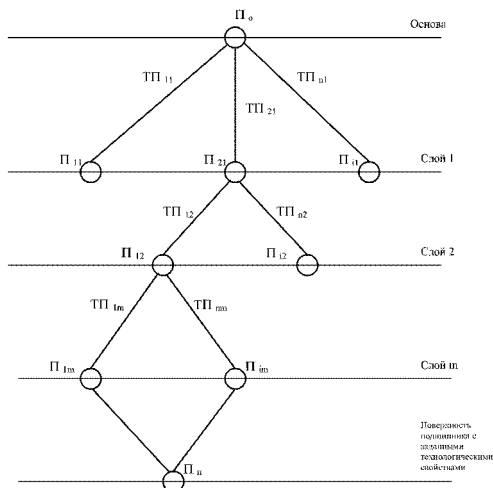


Рис. 1 Граф структуры подшипника скольжения при изготовлении

На рисунке приняты следующие обозначения: По – поверхность основы; Пп – поверхность подшипника скольжения с заданными технологическими свойствами; ТП – технологический процесс получения слоя подшипника; m – количество слоёв подшипника; n – количество технологических процессов, позволяющих получить m-ный слой подшипника; i – количество вариантов поверхностей, которые можно получить на m-ном слое подшипника.

Данный граф построен с учетом последовательности формирования слоев подшипника скольжения. На поверхность основания По наносится 1 слой с заданными технологическими параметрами с учетом доступных средств технологического оснащения, в результате получаем поверхность Пi1. С учетом технологических параметров поверхности Пi1 n-ым технологическим процессом наносится m-ный слой. В результате получают поверхность Пim с заданными технологическими свойствами. В конце, в результате применения последнего технологического процесса получают поверхность подшипника Пп с заданными технологическими свойствами.

Таким образом, представленный граф структуры подшипника скольжения при изготовлении полностью формально описывает весь процесс формирования поверхностных слоёв подшипника с заданными технологическими свойствами. Основным критерием оптимизации принят показатель – технологическая себестоимость.

На этапе синтеза рационального варианта технологии изготовления подшипников скольжения необходимо учитывать ограничения по ее реализации. Рассмотрим принцип формирования ограничений. Синтез рационального варианта (рис. 2) состоит из нескольких этапов.

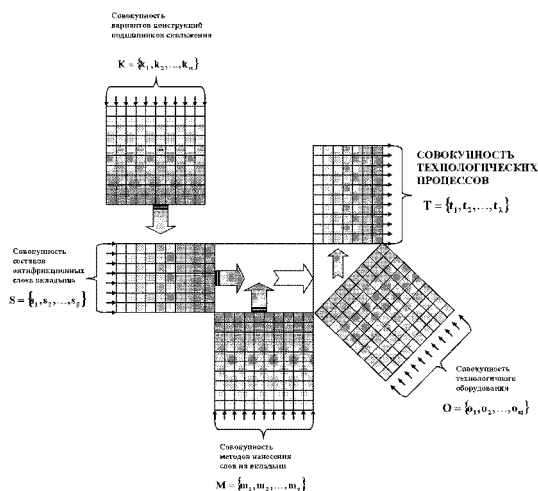


Рис. 2 Схема синтеза рационального варианта технологии изготовления подшипников скольжения.

Из совокупности существующих конструкций подшипников скольжения выбирается множество вариантов (рис. 3):

$$K = \bigcap_{\eta \in L} k_{\eta}, \quad \text{где } L = \{1, 2, \dots, \alpha\}$$

Совокупность  
вариантов конструкций  
подшипников скольжения

$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_{\alpha}\}$$

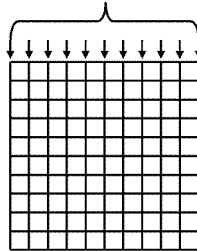


Рис. 3 Множество вариантов конструкций подшипников.

На следующем этапе рассматривается совокупность существующих комбинаций антифрикционных покрытий с соответствующим составом переходных слоев присутствующих в подшипнике скольжения (рис. 4) из которых формируется множество вариантов:

$$S = \bigcap_{p \in N} s_p, \quad \text{где } N = \{1, 2, \dots, \beta\}$$

Совокупность  
поверхностей

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_{\beta}\}$$

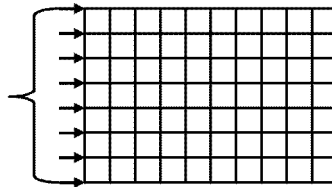


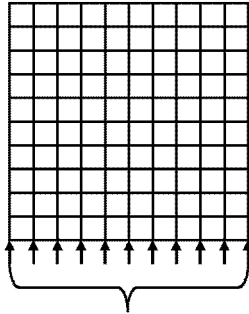
Рис. 4 Множество вариантов слоев в подшипнике.

Далее, по каждому варианту комбинации слоев в подшипнике скольжения формируется множество методов их нанесения на вкладыш подшипника (рис. 5):

$$M = \bigcap_{\theta \in \Psi} m_{\theta}, \quad \text{где } \Psi = \{1, 2, \dots, \gamma\}.$$

Следующий этап – поиск реализации данных методов средствами технологического оснащения с учетом множества вариантов существующего оборудования (рис. 6):

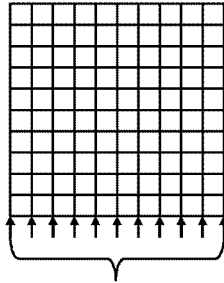
$$O = \bigcap_{\tau \in \Phi} o_{\tau}, \quad \text{где } \Phi = \{1, 2, \dots, \varpi\}.$$



Совокупность методов  
получения поверхности

$$M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$$

Рис. 5. Множество вариантов методов нанесения слоев.



Совокупность  
технологического  
оборудования

$$O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$$

Рис. 6. Множество технологического оборудования.

При этом ограничениями при реализации технологии изготовления являются:

- кинематические возможности технологического оборудования должны обеспечивать заданную траекторию перемещения исполнительных органов при нанесении слоев со 100% сплошностью;
- масса и габаритные размеры заготовки не должны превышать паспортные данные оборудования;
- геометрическая точность, предъявляемая к выполнению данной технологической операции, не должна превышать точности, с которой средства технологического оснащения могут ее выполнить.

В первую очередь используется оборудование, имеющее минимальную стоимость и обеспечивающие необходимые технологические параметры при изготовлении подшипника. Наиболее эффективно применение предлагаемого

решения в условиях серийного производства.

Результатом поиска является совокупность технологических процессов:

$$T = \bigcap_{\xi \in I} t_{\xi}, \quad \text{где } I = \{1, 2, \dots, \lambda\}.$$

Формирование множества технологических процессов происходит согласно условия:

$$T = K \cup S \cup M \cup O.$$

Исходя из этого возможность реализации технологической задачи можно описать выражением:

$$\exists t_{\xi} = \left[ \bigcap_{\eta \in L} k_{\eta} \right] \cup \left[ \bigcap_{\rho \in N} p_{\rho} \right] \cup \left[ \bigcap_{\theta \in M} m_{\theta} \right] \cup \left[ \bigcap_{\tau \in \Phi} o_{\tau} \right].$$

В качестве критерия выбора рационального варианта используется технологическая себестоимость изготовления изделия:

$$t^{opt} = \bigcap_{\xi \in I} t_{\xi} \Rightarrow C^{\min}$$

Рациональным, в условиях конкретного производства, принимается тот вариант технологического решения, который дает минимальную технологическую себестоимость.

Согласно рассмотренного графа структуры подшипника скольжения (рис.1) и требований к технологии изготовления и качеству поверхностных слоев, разработана модель направленного выбора варианта технологического процесса изготовления и ремонта подшипника скольжения по минимальной производственной себестоимости. Данная модель приведена на рисунке 7. Согласно данной модели на основу  $n_1$  – вым технологическим процессом наносится слой 1. При этом существует ряд ограничений к технологическому процессу и требований к качеству поверхности слоя. Технологических процессов, с помощью которых можно получить слой 1 может быть несколько, поэтому выбираем в первом приближении тот технологический процесс, который имеет минимальную производственную себестоимость. Далее на слой 1 наносится слой 2, слой  $m$ . При этом необходимо выдерживать требования к качеству поверхностных слоев подшипника скольжения и ограничения к технологическим процессам получения этих слоев. В конце на слой  $m$  наносится приработочное покрытие технологическим процессом ТПппр. В конце получают поверхность подшипника скольжения с заданными технологическими свойствами. Определяется технологическая себестоимость изготовления или ремонта подшипника скольжения и данный вариант технологического процесса принимается за базовый. После этого возвращаются на начало проектирования технологического процесса и выбирают технологический процесс получения слоя 1, который имеет большую себестоимость, чем в базовом варианте, учитывая ограничения к технологическим

процессам и требования к качеству поверхности слоя.

Рассматривается вся цепочка получения поверхности подшипника с заданными технологическими свойствами. Рассчитывается производственная себестоимость технологического процесса изготовления и ремонта подшипника скольжения. Сравнивается текущая себестоимость с базовым вариантом. Если текущая себестоимость ниже, то ее принимают как базовую.

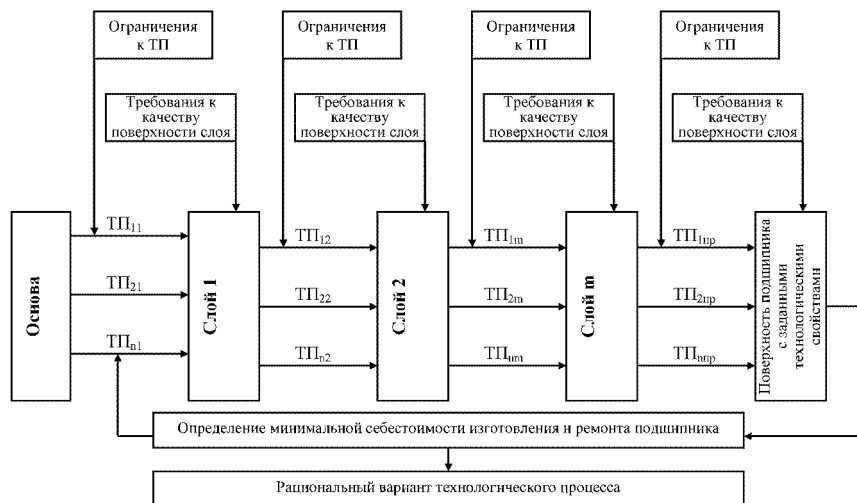


Рис.7 Модель направленного выбора варианта технологического процесса изготовления и ремонта подшипника скольжения по минимальной производственной себестоимости

Увеличение себестоимости получения слоя 1 может в конечном результате может повлечь уменьшение себестоимости получения слоя  $m$ .

Таким образом рассматриваются все возможные варианты технологических процессов изготовления и ремонта подшипника скольжения. Тот вариант технологического процесса, который останется базовым после рассмотрения всех возможных и будет рациональным вариантом технологического процесса изготовления или ремонта подшипника скольжения для данных производственных условий.

Рассмотрен процесс синтеза рационального варианта технологии изготовления подшипника и введены ограничения, возникающие при ее реализации. Разработана модель направленного выбора технологии изготовления подшипника, используемая в методике поиска рационального варианта технологического процесса формирования поверхностного слоя подшипника скольжения с заданными технологическими свойствами.