

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ПРИМЕНИМОСТИ СПОСОБА
МЕХАНИЧЕСКОЙ СБОРКИ СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ
ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СБОРОЧНОЙ ОПЕРАЦИИ

Рассмотрены требования, предъявляемые к сборке соединения с натягом, и технологические факторы, оказывающие влияние на несущую способность соединения при сборке механическим способом. Определены критерии применимости способа механической сборки для случая автоматизированного проектирования технологического процесса.

Одним из основных требований, предъявляемых к сборке соединения с натягом, является обеспечение необходимой прочности (несущей способности) соединения при передаче осевой силы F_a или крутящего момента T с одной детали на другую. Это требование может быть выражено следующим образом:

$$F_{тр} > F_a,$$

$$T_{тр} > T,$$

где $F_{тр}$ и $T_{тр}$ - сила и момент трения, возникающие на поверхности соединения.

Несущая способность соединения при передаче осевой силы определяется по зависимости

$$F_{тр} = f \pi d L q, \quad (1)$$

где f - коэффициент трения на поверхности контакта сопрягаемых деталей;

d, L - диаметр и длина соединения;

q - удельное контактное давление.

При известных значениях натяга в соединении удельное контактное давление рассчитывается по формуле

$$q = \frac{N}{d} \cdot \frac{1}{C_1/E_1 + C_2/E_2}, \quad (2)$$

где N — натяг в соединении;

E_1, E_2 — модули упругости охватываемой и охватывающей детали соответственно;

C_1, C_2 — коэффициенты Ляме для охватываемой и охватывающей детали соответственно.

Зависимости (1) и (2) показывают, что при одних и тех же геометрических размерах соединения и материале деталей основными факторами, обеспечивающими несущую способность соединения, являются натяг в соединении и коэффициент трения.

Минимальный натяг в соединении, обеспечивающий необходимую несущую способность соединения в эксплуатации, рассчитывают по зависимости

$$N_{min} = N_0 + \Delta N_{ш} + \Delta N_3, \quad (3)$$

где N_0 — минимальный натяг в соединении, обеспечивающий передачу заданной внешней нагрузки с одной детали на другую;

$\Delta N_{ш}$ — поправка, учитывающая сглаживание микронеровностей в случае применения механического способа сборки (силовой запрессовки);

ΔN_3 — поправка, учитывающая изменение натяга в процессе эксплуатации вследствие силовых и тепловых факторов.

Величина $\Delta N_{ш}$ всецело зависит от первоначальной (до сборки) шероховатости контактируемых поверхностей деталей и определяется по формуле

$$\Delta N_{ш} = 1,2(R_{z1} + R_{z2}), \quad (4)$$

где R_{z1} и R_{z2} — наибольшие высоты микронеровностей.

Коэффициент трения на поверхности контакта зависит от ряда факторов, основными из которых являются: род материала деталей, ше-

роховатость поверхностей контакта, вид гальванического покрытия и сорт наносимой смазки в случае применения способа механической сборки.

Таким образом, минимальное значение натяга в соединении и коэффициент трения будут существенно зависеть от того, какой из двух способов сборки — механический или термический будет применен при выполнении операции. Приводимые в технической литературе [1,2,3] данные показывают, что при определенных условиях несущая способность соединений, полученных механическим способом, может оказаться 1,5–2,5 раза ниже, чем при сборке термическим способом.

Тем не менее, для оценки качества соединения в сборочных чертежах указываются лишь границы допустимого натяга. Отсутствие в сборочных чертежах других дополнительных параметров оценки качества создает предпосылки для произвольного выбора технологом способа сборки соединения. На практике имеют место случаи, когда способ сборки соединения выбирается лишь из учета имеющегося в деже оборудования и сложившихся традиций проектирования операций.

В связи с этим, для исключения случаев выбора нерационального способа сборки необходимо определить ряд критериев применимости способа механической сборки соединения с натягом. Необходимость в таких критериях возникает еще больше, когда проектирование операций производится автоматизированным способом с помощью ЭВМ. В основу выбора таких критериев необходимо положить условие обеспечения необходимого качества соединения при сборке.

В процессе проектирования соединения, при расчете величины минимально допустимого натяга обычно учитывается возможность сглаживания микронеровностей на контактных поверхностях при сборке путем внесения соответствующей поправки $\Delta N_{ш}$ в формулу (3). Однако следует иметь в виду, что при значительной шероховатости поверхностей контакта зависимость (4) для определения $\Delta N_{ш}$ становится неустойчивой. Кроме того, величина $\Delta N_{ш}$ становится доминирующим фактором уменьшения натяга в соединении, и, следовательно, уменьшения потери несущей способности. В связи с этим одним из основных ограничительных критериев применимости способа механической сборки следует принять условие

$$\Delta N_{ш} \ll K_1 N_{млн}.$$

Для предупреждения задиrow на поверхностях контакта при механической сборке соединения на контактируемые поверхности наносится смазка, которая приводит к уменьшению коэффициента трения в зависимости от ее свойств. При некоторых сортах смазки с добавками MoS_2 коэффициент трения может уменьшаться в 2 и более раз. Во столько же раз уменьшится и несущая способность соединения. Поэтому необходимо введение ограничительного критерия вида

$$f_{min\text{ см}} \geq K_2 f_{min}$$

где $f_{min\text{ см}}$ — минимальный коэффициент трения для поверхностей, смазанных соответствующим сортом смазки;

f_{min} — минимальный коэффициент трения для несмазанных поверхностей.

Для повышения несущей способности соединения в ряде случаев конструктор предусматривает гальванические покрытия на контактных поверхностях (цинк, кадмий, хром, никель). При сборке соединений с покрытием механическим способом необходимо применять смазку контактируемых поверхностей, так как в противном случае наблюдается либо срезание части мягких покрытий (цинк, кадмий), либо глубокие задиры на поверхностях при твердых покрытиях (хром, никель). Наличие смазки в соединении с покрытиями существенно уменьшает коэффициент трения и, следовательно, эффективность применения гальванического покрытия с точки зрения несущей способности соединения. Поэтому наличие на контактируемых поверхностях гальванических покрытий следует рассматривать как ограничивающий критерий применения способа механической сборки.

Значительные трудности возникают при механической сборке соединений с натягом, когда одна или обе детали представляют собой тонкостенные втулки. При большой длине тонкостенных деталей и значительном натяге в соединении требуется большое усилие запрессовки, которое приводит к деформации тонкостенных деталей [1]. В связи с этим в качестве критерия допустимости применения способа механической сборки следует принять

$$\frac{d_1}{d} \ll K_3'; \quad \frac{d}{d_2} \ll K_3''; \quad \frac{L}{d} \ll K_3''''$$

где d, L - номинальный диаметр и длина соединения соответственно;

d_1 - диаметр отверстия охватываемой детали;

d_2 - наружный диаметр охватывающей детали.

Конструктивное разнообразие соединений с натягом не позволяет установить постоянных значений коэффициентов K_1, K_2 и K_3 . Поэтому их значения устанавливаются в результате экспериментальных исследований с учетом габаритных размеров, материала деталей, условий их работы в эксплуатации и др.

В ы в о д. Установление критериев применимости способа механической сборки соединения с натягом позволит избежать грубых ошибок в выборе способа сборки при автоматизированном проектировании сборочной операции.

Б и б л и о г р а ф и ч е с к и й с п и с о к

1. Б о б р о в н и к о в Г.А. Прочность посадок, осуществляемых с применением холода. М.: Машиностроение, 1971. 90 с.

2. Г р е ч и ш н и к о в Е.С., И л ь я ш е н к о А.А. Соединение с натягом. М.: Машиностроение, 1981. 247 с.

3. З е н к и н А.С., А р п е н т ь е в Б.М. Сборка неподвижных соединений термическими методами. М.: Машиностроение, 1987. 128 с.

УДК 621.9.047.7

Г.В.Смирнов, Н.Д.Проничев

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
В ПЕРЕ ЛОПАТОК ГТД

С привлечением положений теории технологической наследственности проведен анализ технологического процесса изготовления малой компрессорной лопатки

ISBN 5-230-16902-8. Методы обработки авиаматериалов, Самара, 1991
