

УДК 658:621.757

А.В. Куприянов, Н.Ю. Ламнауэр

Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

МЕТОДЫ КОМПЛЕКТОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ РАНЖИРОВАНИЯ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ДОПУСКА ЗАМЫКАЮЩЕГО ЗВЕНА РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ

Предложены методы комплектования на основе ранжирования деталей, которые при использовании информации о действительных размерах позволяют подбирать детали в комплекты с целью уменьшения допуска замыкающего звена. Дискретное комплектование применимо для серийного производства, непрерывное – для массового.

Ключевые слова: комплектование деталей, дискретное и непрерывное комплектование.

Введение

Для повышения эксплуатационных характеристик машин необходимо обеспечить узкий допуск замыкающего звена размерной цепи. Этого можно добиться как на этапе обработки, уменьшая допуски на составляющие звенья, так и на этапе сборки. Для получения требуемой точности замыкающего звена размерной цепи используются следующие методы комплектования и сборки: с пригонкой деталей, с введением компенсатора, с групповой взаимозаменяемостью, называемой также селективной сборкой, с индивидуальным подбором. Селективная сборка эффективно уменьшает допуск замыкающего звена, однако она подвержена существенным недостаткам, которые ограничивают ее применение массовым производством. При селективной сборке для обеспечения процесса на позиции комплектования должно находиться деталей намного больше, чем будет скомплектовано, и количество годных комплектов нестабильно. Для значительного числа деталей не находится комплектных, они образуют незавершенное производство.

В статье предлагаются методы комплектования на основе индивидуального подбора, которые, при сравнимой с селективной сборкой точностью, менее подвержены ее недостаткам: необходимости в большой серийности и низкой вероятности комплектования Р.

Методы комплектования на основе ранжирования

Сущность предлагаемых методов комплектования состоит в ранжировании деталей перед сборкой и выборе в комплект детали каждого типа с одинаковым рангом. На позиции комплектования должно находиться одинаковое число n деталей каждого типа, входящих в сборочную единицу. Детали каждого типа ранжируются отдельно. Рангом детали в партии будем называть номер i , который она получает при упорядочении сборочных размеров x_i всей партии в порядке возрастания:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_i \leq \dots \leq x_n. \quad (1)$$

Поскольку распределения размеров деталей непрерывны, то совпадения размеров теоретически имеют нулевую вероятность. На практике, однако, измерения проводятся с определенной точностью, и совпадения возможны. В этом случае для нескольких деталей с совпадающими размерами ранги назначаются произвольным образом.

После ранжирования производится комплектование и сборка деталей. Здесь возможны два метода организации комплектования, которые назовем дискретным и непрерывным процессами.

При дискретном процессе все детали из ранжированных партий комплектуются и затем отправляются на сборку. Таким образом, все детали, поступившие на позицию комплектования, будут собраны, и качество подбора, определяемое отклонением размера замыкающего звена размерной цепи от наилучшего значения, определяется самым худшим из получившихся комплектов.

При непрерывном процессе на сборку уходит только наилучший в смысле размера замыкающего звена размерной цепи комплект. Затем партии деталей на позиции комплектования дополняются до начального числа деталей, и опять производится ранжирование. Снова выбирается лучший из получившихся комплектов, и такой цикл повторяется. В этом случае качество подбора будет определяться самым лучшим после ранжирования комплектом и существенно выше дискретного комплектования.

Дискретное комплектование с ранжированием найдет применение для производства с невысокой серийностью, можно применять даже для двух комплектов. Информации о размерах деталей используется для подбора их в комплекты, уменьшая допуск замыкающего звена. В отличие от селективной сборки, при дискретном комплектовании отсутствует незавершенное производство.

При непрерывном процессе на позиции комплектования всегда должно находиться постоянное количество деталей, которые являются аналогом незавершенного производства при селективной сборке. Однако, в отличие от селективной сборки, при которой не-

завершенное производство формируется случайным образом и есть переменной величиной, при непрерывном комплектовании количество деталей постоянно. Это положительно сказывается на производстве, поскольку участок комплектования не загромождается тарой с некомплектными деталями. Особенно это существенно для крупногабаритных деталей. Вместе с тем, остаток деталей на позиции комплектования не может быть собран с узким допуском на замыкающее звено размерной цепи. Этот метод комплектования найдет применение в массовом производстве.

Участок комплектования должен содержать измерительные позиции, где производится измерение посадочных размеров деталей каждого типа, адресный накопитель для хранения измеренных деталей и устройство управления. При автоматизации комплектования адресный накопитель используется в общей автоматизированной системе комплектования и сборки. В функции устройства управления входит хранение информации о посадочном размере детали в каждой ячейке накопителя и автоматическое комплектование, включающее ранжирование и выдачу на дисплей информации о номерах ячеек накопителя, детали из которых попали в один комплект. Сборка производится обычным для данного изделия способом.

Метод комплектования с ранжированием применим также для единичного производства, когда манипуляции с деталями осуществляются рабочим вручную. В этом случае адресный накопитель может иметь произвольную конструкцию. Для мелкосерийного и ремонтного производства роль устройства управления может играть обычный персональный компьютер, в компьютерную программу которого вручную вносятся данные о размерах, она осуществляет ранжирование и выдачу на монитор информации о скомплектованных деталях. Подобная программа разработана авторами и может быть передана заинтересованным сторонам.

Определение количества ячеек для накопителя участка комплектования

Эффективность методов комплектования на основе ранжирования зависит от количества деталей, среди которых производится поиск лучших сочетаний. Чем больше деталей, тем эффективность метода выше. Статистическое моделирование показало [1], что при близости параметров законов распределения для деталей разных типов комплектование на основе ранжирования эффективно, начиная с 10 комплектов. При значительном расхождении параметров законов для результатов, сравнимых с селективной сборкой, величины партий должна выбираться ближе к 50 деталям.

Практическое применение предлагаемых методов требует обоснования выбора количества ячеек адресного накопителя для достижения заданного допуска замыкающего звена. Представляет значительный интерес теоретическое обоснование достигаемой

при ранжировании точности комплектования, по сравнению, например, с селективной сборкой.

Для обоснования воспользуемся аппаратом порядковых статистик. Если размеры $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ расположены в порядке возрастания их значений (1), то x_i называется i -ой порядковой статистикой ($i = 1, \dots, n$). Будем полагать, что неупорядоченные размеры x_i статистически независимы и распределены одинаково. После упорядочивания размеры x_i зависимы, так как связаны между собой неравенством (1).

Распределение и моменты порядковых статистик можно получить из следующих известных фактов [2]. Плотность распределения i -ой порядковой статистики x_i описывается формулой:

$$\Psi(x_i) = \frac{n!}{(i-1)!(n-i)!} [F(x)]^{i-1} [1-F(x)]^{n-i} f(x), \quad (2)$$

где $F(x_i)$ - функция распределения генеральной совокупности; $f(x_i)$ - плотность распределения генеральной совокупности.

Математическое ожидание i -ой порядковой статистики x_i :

$$\begin{aligned} M(x_i) &= \frac{n!}{(i-1)!(n-i)!} \int_{-\infty}^{\infty} \xi [F(\xi)]^{i-1} [1-F(\xi)]^{n-i} dF(\xi) = \\ &= \frac{n!}{(i-1)!(n-i)!} \int_{-\infty}^{\infty} \xi [F(\xi)]^{i-1} [1-F(\xi)]^{n-i} f(\xi) d(\xi), \end{aligned} \quad (3)$$

где ξ - переменная величина; $F(\xi)$ - функция распределения; $f(\xi)$ - плотность распределения.

Дисперсия i -й порядковой статистики x_i :

$$\begin{aligned} D(x_i) &= M(x_i^2) - [M(x_i)]^2 = \frac{n!}{(i-1)!(n-i)!} \times \\ &\times \left(\int_{-\infty}^{\infty} \xi^2 [F(\xi)]^{i-1} [1-F(\xi)]^{n-i} dF(\xi) - \right. \\ &\left. - \left[\int_{-\infty}^{\infty} \xi [F(\xi)]^{i-1} [1-F(\xi)]^{n-i} dF(\xi) \right]^2 \right). \end{aligned} \quad (4)$$

В системе Maple был выполнен расчет математических ожиданий и дисперсий всех порядковых статистик для партий деталей разных объемов n , с размерами, подчиняющимися нормальному закону распределения. Данный закон имеет вид $f(x) = \Phi\left(\frac{x - M(x)}{\sqrt{D(x)}}\right)$, поэтому достаточно вычислить математические ожидания и дисперсии порядковых статистик для $M(x) = 0$ и $\sqrt{D(x)} = 1$ [3]. Таким образом, были определены дисперсии порядковых статистик нормированного нормального распределения с центром в середине поля допуска и размахом $6\sqrt{D(x)}$, равным полю допуска T .

Дисперсии были наибольшими для порядковых статистик с рангами, равными 1 и n и наименьшими для порядковых статистик с рангами $n/2$. Для непрерывного комплектования в сборочную единицу будут

выбираться порядковые статистики размеров в середине поля допуска, и они характеризуются наименьшей дисперсией. Для дискретного комплектования все комплекты будут собираться, и качество комплектования будет определяться порядковыми статистиками размеров ближе к границам поля допуска, с наибольшей дисперсией. На рис. 1 изображены графики, отображающие зависимость дисперсии от количества деталей в партиях для непрерывного и дискретного ранжирования. Дисперсия для партии в один комплект, то есть для сборки с полной взаимозаменяемостью, была принята за единицу.

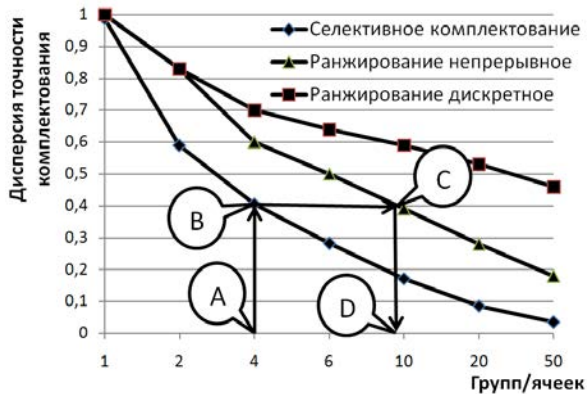


Рис. 1. Номограмма для выбора количества ячеек для комплектования на основе ранжирования

Для селективного комплектования были проведены аналогичные расчеты. Поле рассеивания, принятое равным полю допуска, разделялось на равные части по количеству групп селекции. Для нормального распределения определялась дисперсия размеров для каждой группы. Наибольшая дисперсия была для размеров первой и последней групп селекции, ее значения также приведены на рис. 1.

Номограмма на рис. 1 позволяет устанавливать количество ячеек адресного накопителя при комплектовании на основе ранжирования, в качестве точки отсчета выбирается дисперсия, а значит и точность селективного комплектования с определенным количеством групп селекции. При использовании номограммы для определенного количества групп селекции рис. 1, поз. А находится соответствующая дисперсия размеров по графику для селективного комплектования поз. В, потом для такой дисперсии размеров с ранжированием поз. С находится количество ячеек адресного накопителя поз. D. Такое количество ячеек должно быть для всех деталей каждого типа, входящих в сборочный комплект.

Представляет интерес определение количества информации, необходимой для ранжирования партии n деталей. Отличие ранжированной партии от исходной количественно можно оценить общепринятой мерой беспорядка – энтропией. Так как число реализаций выборки партии n деталей равно $n!$, и все реализации равновероятны, то в этом случае энтропия:

$$H = -\log_2(1/n!) = \log_2 n! \quad (5)$$

Ранжированная выборка обладает энтропией, равной нулю [4]. Энтропия системы убывает в результате поступления информации, причем изменение энтропии равно качеству поступившей информации:

$$I = H = \log_2 n! \quad (6)$$

Таким образом, количество информации для ранжирования выборки равно логарифму из факториала количества ячеек адресного накопителя.

Эффективность предлагаемых методов комплектования

Для примера на рис. 2 изображены значения зазоров для случая двухэлементного соединения вал-отверстие, посадка $\varnothing 150H7/f7$, величина партии $n = 50$ шт., при распределении размеров по нормальному закону. На рис. 2, а показан случай селективной сборки, число групп селекции равно 4, на рис. 2, б показано дискретное комплектование с ранжированием. Наклонными линиями изображен результирующий разброс размеров замыкающего звена. Размеры замыкающего звена группируются возле значения, определяемого как разность среднеарифметических размеров партий деталей отверстия и вала.

Для тех же исходных данных на рис. 3 показаны результаты моделирования эффективности дискретного и непрерывного комплектования. Моделирование было проведено для 500 последовательных комплектований. По оси ординат показываются отклонения от среднего зазора посадки. Для дискретного комплектования это наибольшее отклонения от среднего зазора в партии, по оси абсцисс отложены номера партий. Разброс отклонения был получен равным $\begin{pmatrix} +0,018 \\ -0,017 \end{pmatrix}$ мм ($\begin{pmatrix} +0,01 \\ -0,01 \end{pmatrix}$ мм – для селективной сборки). Следует иметь в виду, что на графике приведены значения наихудших отклонений от среднего зазора в партиях, в действительности большинство комплектов имеют намного меньшие значения. Для непрерывного комплектования по оси абсцисс отложены номера комплектов. Разброс отклонения был получен равным $\begin{pmatrix} +0,005 \\ -0,005 \end{pmatrix}$ мм, что меньше, чем для селективного комплектования при тех же условиях. Также на графике непрерывного комплектования видно, что первоначально размах был еще меньше, постепенно увеличивался, и стабилизировался после 200 комплектов.

Выводы

1. Предлагаются новые методы комплектования на основе ранжирования размеров деталей: дискретный и непрерывный.
2. Метод дискретного комплектования применим для серийного производства, позволяет скомплектовать все детали, и дает сравнимую с селективной сборкой точность.
3. Метод непрерывного комплектования применим для массового производства, и позволяет значительно уменьшить размах зазора замыкающего звена размерной цепи.

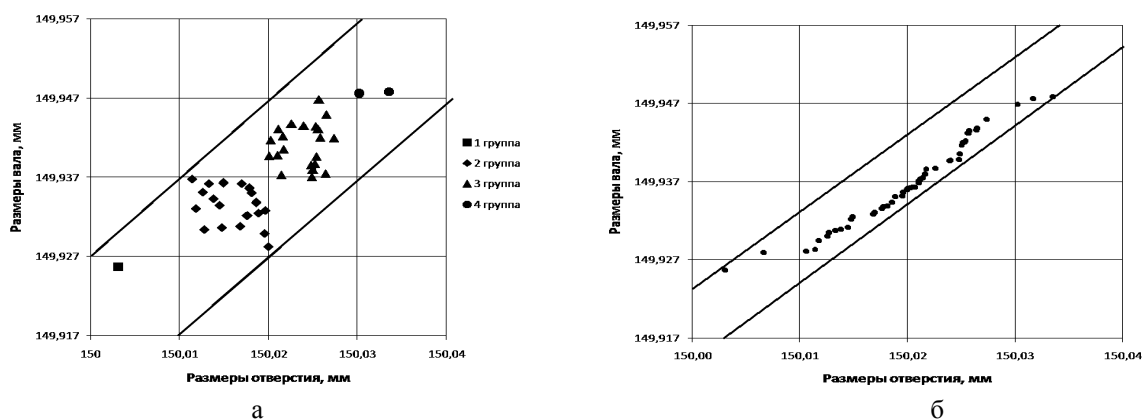


Рис. 2. Разброс размеров замыкающего звена при селективной сборке (а) и дискретном комплектовании с ранжированием деталей (б)

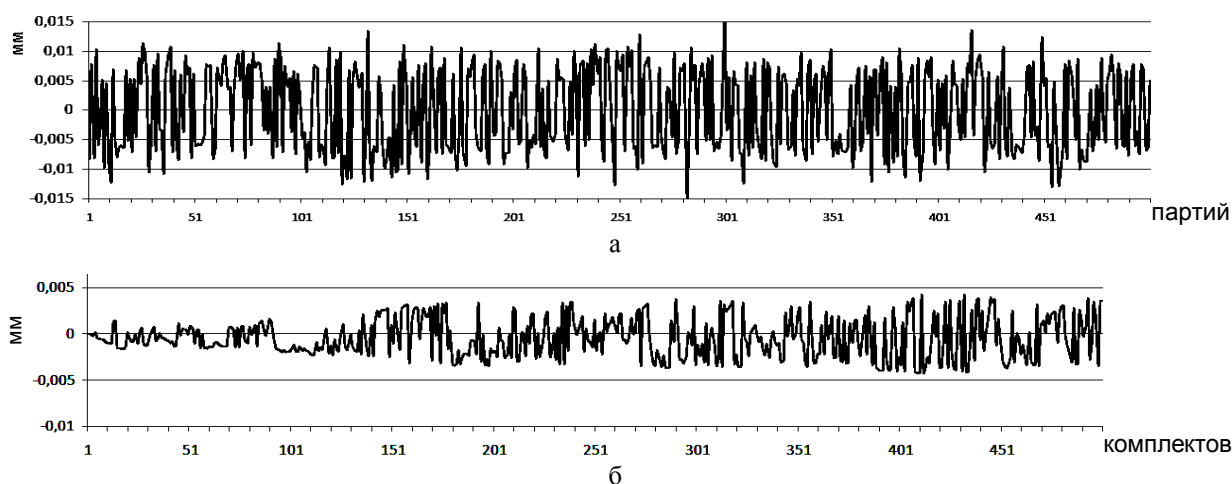


Рис. 3. Разброс размеров замыкающего звена при дискретном (а) и непрерывном (б) комплектовании с ранжированием

4. Построена номограмма для определения количества ячеек накопителя участка комплектования, необходимых для выполнения комплектования с заданной точностью.

5. Эффективность предлагаемых методов комплектования на основе индивидуального подбора проиллюстрирована примером.

2. Дейвид Г. Порядковые статистики: пер. с англ. / Г. Дейвид; пер. под ред. В.В. Петрова – М.: Наука, 1979. – 336 с.

3. Сархан А. Введение в теорию порядковых статистик: пер. с англ. / А. Сархан, Б. Гринберг; пер. под ред. А.Я. Боярского. – М.: Статистика, 1970. – 414 с.

4. Ефимов А.Н. Порядковые статистики / А.Н. Ефимов. – М.: Знание, 1983. – 62 с.

Список литературы

1. Куприянов А.В. Комплектование при сборке с подбором деталей / А.В.Куприянов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2001. - № 11. – С. 8-10.

Поступила в редколлегию 12.10.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Я. Мовшович, Харьковский НИИ технологии машиностроения, Харьков.

МЕТОДИ КОМПЛЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВІ РАНЖИРУВАННЯ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ДОПУСКУ ЗАМИКАЮЧОЇ ЛАНКИ РОЗМІРНОГО ЛАНЦЮГА

А.В. Купріянов, Н.Ю. Ламнауер

Запропоновано методи комплектування на основі ранжирування деталей, які при використанні інформації про дійсні розміри дозволяють підбирати деталі в комплекти з метою зменшення допуску замикаючої ланки. Дискретне комплектування застосовне для серійного виробництва, безперервне – для масового.

Ключові слова: комплектування деталей, дискретне і безперервне комплектування.

METHODS OF COMPLETING OF DETAILS ON BASIS OF RANGING FOR DIMINISHING OF ADMITTANCE OF LOCKING LINK OF SIZE CHAIN

A.V. Kupriyanov, N.Yu. Lamnauer

Methods are offered of completing on the basis of ranging of details which at the use of information about actual sizes allow to pick up details in complete sets with the purpose of diminishing of admittance of locking link. The discrete completing is applicable for mass-produced, continuous – for mass.

Keywords: completing of details, discrete and continuous completing.