

4. Надежная фиксация опорных элементов в промежуточном ковше обеспечивает стабильную и равномерную подачу инертного газа в процессе всего цикла работы ковша и машины непрерывного литья заготовки в целом. Все это способствует повышению качества разливаемого металла в течение всего цикла разливки металла.

Библиографический список

1. Вдовин К.Н., Семенов М.В., Точилкин В.В. Рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ: Монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. 118 с.
2. Непрерывная разливка стали. Гидромеханика машин непрерывного литья заготовок: монография / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин В.В., И.М. Ячиков. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. 348 с.
3. Вдовин К.Н., Точилкин В.В., Ячиков И.М. Непрерывная разливка стали: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2012. 540 с.
4. Разработка систем подачи аргона для промежуточного ковша сортовой МНЛЗ / К.Н. Вдовин, С.Н.Ушаков, О.А.Марочкин, В.В.Точилкин // Технология металлов. 2013, № 6. С. 38-40.
5. Разработка элементов приёмной камеры промежуточного ковша слябовой МНЛЗ / К.Н. Вдовин, Е.А. Мельничук, А.В. Нефедов, В.В. Точилкин // Известия вузов. Черная металлургия. 2014, № 3. С. 23-27.
6. Точилкин В.В., Филатов А.М. Пневмопривод металлургических манипуляторов: Монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2005. 211 с.
7. Точилкин В.В. Методика расчета металлоприёмника промежуточного ковша МНЛЗ // Ремонт, восстановление и модернизация. 2008, № 6. С. 44–47.
8. Разработка оборудования системы распределения потоков стали для промежуточного ковша / С.Н. Ушаков, А.А. Хоменко, К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин // Сталь. 2009, № 3. С. 13–17.
9. Семенов М.В., Точилкин В.В. Методика расчета работоспособности элементов промежуточного ковша МНЛЗ // Вестник машиностроения. 2007, № 6. С. 41–43.



УДК 608.4

**А.А. Королев, А.В. Королев,
Е.В. Мухина, А.С. Яковишин, А.Ф. Балаев**
ФГБОУ ВПО Саратовский государственный
технический университет им. Гагарина Ю.А.
г. Саратов, Россия
E-mail: bazilhadance@mail.ru
Дата поступления 14.02.2015

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СБОРКИ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО СПОСОБА СТАБИЛИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Аннотация

В условиях подшипникового производства данный способ, обладая высокой производительностью и энергоэффективностью, позволяет существенно сократить материальные и временные затраты на комплектацию подшипников, исключая необходимость применения метода селективной сборки. Устранение геометрических погрешностей формы и релаксация остаточных объемных напряжений, достигаемые данным способом, приводят к повышению надежности и увеличению долговечности подшипников.

Ключевые слова: подшипники качения, релаксация, остаточные напряжения, геометрические погрешности.

Введение

Наибольшее применение в подшипниковой промышленности получили способы сборки подшипников, при которых все детали предварительно сортируют на группы, а затем внутри каждой группы комплектование осуществляют простым соединением деталей. Недостатком данных способов является большой объем незавершенного производства, так как не используется возможность сборки деталей одной группы с деталями соседних групп. Кроме того, сложность реализации динных способов обусловлена необходимостью предварительной сортировки деталей на группы.

В работе Королева А.А. [1] предлагается совершенно иной способ комплектования деталей подшипников, основанный на статистическом анализе их посадочных размеров. Это позволяет избавиться от дорогостоящей операции рассортировки деталей. Но для этого необходимо обеспечить кольцам подшипников такую точность, при которой можно осуществить полную взаимозаменяемость деталей.

Существенная разница в полях рассеивания размеров наружных и внутренних колец создает очень неблагоприятное условие для комплектования подшипников, т.к. для уменьшения числа некомплектных деталей до приемлемой для практики величины требуется повышенное число тел качения различных размеров, и усложняется процесс комплектования.

Производительность сборки увеличится, если разброс значений размеров сопрягаемых поверхностей окажется минимальным. Это может быть достигнуто применением нового способа стабилизации геометрических параметров кольцевых деталей [3]. Сущность данного способа заключается в последовательном циклическом нагружении детали, что приводит к перераспределению и релаксации остаточных напряжений, сопровождаемому исправлением исходной геометрической формы.

Основная часть

На схеме рисунка 1 кольцевая деталь 1 находится в контакте с тремя

вращающимися валками 2, расположенными под углом 120° . Под действием нормально направленных со стороны валков сил в зонах контакта детали возникает деформация ϵ , такой величины, что возникшие напряжения достигают предела текучести. При равномерном вращении нагруженной детали, передаваемом ведущим валком, пластической деформации подвергается вся поверхность, что приводит к исправлению погрешности геометрической формы. После нескольких оборотов детали, вследствие перераспределения остаточных напряжений, пластическая деформация постепенно переходит в упругую. Последующее вращение в течение некоторого времени, определяемого экспериментально, деталь подвергается циклической упругой деформации, способствующей стабилизации остаточных напряжений [2, 4].

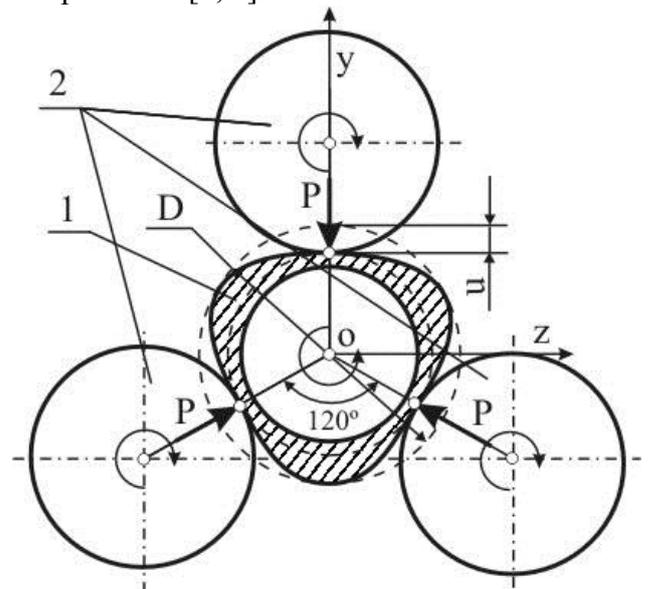


Рисунок 1. Схема стабилизации кольцевых деталей: 1 - деталь, 2 - вращающиеся валки

Так как силу прижима инструмента к детали выбирают из условия возникновения исключительно упругой деформации детали, то при обработке не возникают новые напряжения, не изменяется ее форма и размеры. Из-за наличия внутреннего трения за счет многоциклового обкатки в материале детали накапливается внутренняя энергия, которая концентрируется в зоне остаточных напряжений, вызывает в этой зоне микроскопические пластические сдвиги и релаксацию напряжений без су-

ществленного изменения ее формы и размеров. Время, необходимое для полной релаксации напряжений, или необходимое число циклов нагружения определяется аналитически или экспериментально, и зависит от величины остаточных напряжений, степени упругой деформации детали,

$$u = \frac{P \cdot D^3}{16EJ_o \sin^2(0.5\alpha)} \left(\frac{\alpha}{4} + \frac{\sin \alpha}{4} - \frac{2 \sin^2(0.5\alpha)}{\alpha} \right) + \frac{PD}{4EF \sin^2(0.5\alpha)} \left(\frac{\alpha}{4} + \frac{\sin \alpha}{4} \right), \quad (1)$$

где D - диаметр наружной поверхности заготовки; E - модуль упругости материала детали; J_o - осевой момент инерции сечения детали; F - площадь сечения детали; P - сила в точке контакта детали с валком; α - угол нормали в точке контакта к оси ОУ.

Введём обозначения:

$$K_{u2} = \frac{1}{8 \sin^2(0.5\alpha)} (\alpha + \sin \alpha),$$

$$K_{u1} = K_{u2} - \left(\frac{1}{\alpha} \right)$$

Тогда выражение (1) примет вид:

$$u = \frac{P \cdot D^3}{8EJ} K_{u1} + \frac{PD}{2EF} K_{u2}. \quad (2)$$

Величина силы, приложенной к детали, не вызывающей остаточной деформации при этом, должна удовлетворять условию:

$$P \leq (\sigma_u \cdot W) / (K_\sigma \cdot d), \quad (3)$$

где σ_u - предел упругости материала детали; $K_\sigma = 0.094$; d - внутренний диаметр детали; W - момент сопротивления изгибу.

$$J_x = \int_{0.5D_b}^{0.5D_d} y^2 (B - 2\sqrt{2r(0.5D_{jb} - y)} - (0.5D_{jb} - y)) dy + B \int_{0.5D_b}^{0.5D_d} y^2 dy, \quad (5)$$

где D_d - диаметр по дну рабочей поверхности; r - радиус профиля рабочей поверхности заготовки; D_g - диаметр отверстия заготовки.

Осевой момент сечения заготовки найдем с использованием выражения (5):

частоты нагружения и величины внутреннего трения материала детали.

В вышеприведенном способе стабилизации кольцевых деталей, подробнее описанном в работе [3], величина требуемой деформации находится по формуле И.А. Биргера:

Момент сопротивления изгибу для кольцевой детали находится из выражения:

$$W = \frac{J_o}{Y_{max}}, \quad (4)$$

где J_o - осевой момент инерции сечения; Y_{max} - расстояние от центральной оси до места расположения максимальных напряжений.

Для определения осевого момента инерции J_o используем упрощенное изображение осевого сечения кольцевой детали рисунок 2, полученного путем вычитания кругового сегмента из прямоугольника. Расположим систему координат таким образом, чтобы ось ОХ совпала с осью заготовки, а центр системы координат с центром симметрии поперечного сечения заготовки. Тогда осевой момент инерции сечения детали относительно оси ОХ можно найти из выражения:

$$J_o = J_x + \frac{S_x^2}{F}, \quad (6)$$

где F - площадь сечения кольца; S_x - статический момент площади относительно оси ОХ.

Величины F и S_y найдем из выражений, аналогичных выражению (5):

$$F = \int_{0.5D_b}^{0.5D_d} (B - 2\sqrt{2r(0.5D_d - y) - (0.5D_d - y)}) dy + \frac{1}{2}B(D_b - D_d), \quad (7)$$

$$S_x = \int_{0.5D_b}^{0.5D_d} y(B - 2\sqrt{2r(0.5D_d - y) - (0.5D_d - y)}) dy + B \int_{0.5D_b}^{0.5D_d} y dy. \quad (8)$$

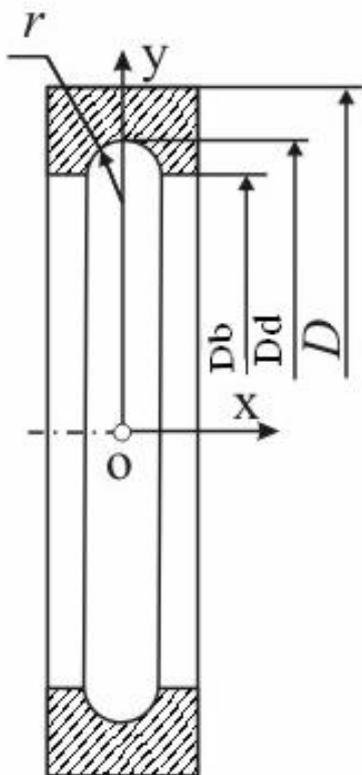


Рисунок 2. Продольное сечение кольцевой детали

Заключение¹

Возможности применения рассмотренного способа выходят за рамки области подшипникового производства, открывая перспективы повышения качества готовой продукции в других областях машино- и приборостроения.

Библиографический список

1. Королев А.А. Разработка и исследование технологии комплектования подшипников индивидуальным подбором деталей. Дисс. на соиск. уч. ст. кандидата техн. наук. – Саратов, 1996.

2. Korolev, A.V., Filomonov, E.V., Bolkunov, V.V., Korolev, A.A. Waste-free manufacture of shaped rollers (2009) Russian Engineering Research, 29 (12), pp. 1258-1260.
3. Патент RU 2478031 Способ релаксации остаточных напряжений. / Королев А.А., Королев А.В. Бюл.№9, 27.03.2013.
4. Korolev, A.V., Korolev, A.A., Vasin, A.N. High-efficiency automated line for precise cold rolling of bearing rings (2010) Russian Engineering Research, 30 (7), pp. 751-752

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России -УИН ФЦП RFMEFI57414X0015, и Госзадания Минобрнауки России № 9.896.2014/К