

УДК 621.7

## ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ РАСКАТКИ КОЛЕЦ И ИХ ИССЛЕДОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ПО QFORM

Антон Александрович Марьин

*Студент 4 курса, бакалавриат*

*кафедра «Технологии обработки давлением»*

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Ю.А. Гладков,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки давлением».*

Раскатка колец это - типовой технологический процесс шарикоподшипниковый промышленности, поскольку он обладает высокой производительностью и точностью. Помимо корпусов подшипников раскаткой получают компоненты авиационных двигателей, фланцы, передаточные шестерни, части ядерных реакторов, оболочки сосудов высокого давления, канатные шкивы, втулки подшипников.

Подшипники по своей конструкции являются высокотехнологичными изделиями, имеющие в рабочих условиях сложнейшую динамику взаимодействия составляющих компонентов для восприятия высоких и разнообразных нагрузок, обеспечения точности вращения вала при большом диапазоне частот вращения и температур.

Одними из важнейших деталей в составе промышленного подшипника являются внешние и внутренние кольца (Рис. 1), также называемые обоймами подшипника, вращающиеся между собой. Внешняя поверхность наружного кольца и внутренняя поверхность внутреннего кольца обычно имеют цилиндрическую форму для упрощения установки, в гнездо корпуса и на вал соответственно.

Обоймы подшипников качения изготавливают из высокоуглеродистых хромистых сталей, подвергают термообработке и механической обработке для достижения прочности детали и твердости поверхностей дорожек качения. Наиболее распространенной из них является сталь ШХ15. Из этой стали изготавливают шарики всех размеров, кольца толщиной менее 10 мм и ролики диаметром до 22 мм. Для колец подшипников толщиной менее 30 мм и роликов диаметром более 22 мм применяют сталь ШХ15СГ. По сравнению со сталью ШХ15 она содержит несколько больше кремния и марганца. Для колец толщиной более 30 мм применяют сталь ШХ20СГ, которая содержит еще большее количество этих элементов, а для колец железнодорожных подшипников, подвергающихся индукционной закалке, - сталь ШХ4.



Рис. 1. 3D-модель детали «Внутреннее кольцо подшипника»

**Описание базовой технологии изготовления детали «Внешнее кольцо подшипника»**

Базовый технологический процесс изготовления детали «Внешнее кольцо подшипника» включает в себя следующие операции:

1. Транспортирование прутков длиной 6000 мм на участок кольцераскатного комплекса.
2. Индукционный нагрев исходного прутка  $\varnothing 130-180$  мм до температуры рубки 700-800 °С.
3. Рубка прутка на гидравлических пресс-ножницах усилием 2.5 МН (1 ед.).
4. Транспортирование на стол заготовок  $\varnothing 130-180$  мм к индукционному нагревателю перед штамповкой.
5. Индукционный нагрев заготовок (рубленых)  $\varnothing 130-240$  мм до температуры горячей штамповки 1100-1150 °С в двухручьевом КИН.
6. Очистка от окалины горячей заготовки, кантование заготовки транспортной системой.
7. Штамповка поковки под раскатку на 3-х позиционном гидравлическом прессе усилием 30 МН:
  - Осадка с кернением;
  - Окончательная формовка;
  - Прошивка отверстия.
8. Раскатка радиально-аксиальная на раскатном стане усилием 1300 кН (без подогрева) полуфабриката в заданные размеры поковки кольца.

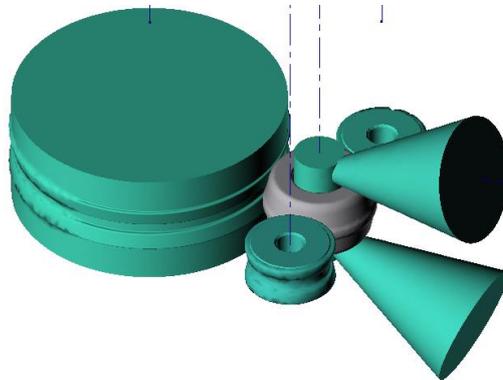
**Технологический процесс раскатки колец:**

Рис. 2. Позиционирование заготовки в начале операции с помощью ПО QForm.

На данный момент в промышленности распространены две разновидности горячей раскатки колец: открытая и закрытая. Однако, наибольшее распространение и применение в жизни нашла открытая раскатка в связи с более простым ее осуществлением. В связи с этим встает вопрос о минимизации потерь качества поволоков, вызванных появлением нежелательных дефектов, получаемых с помощью открытой горячей раскатки. Для решения данного вопроса была составлена классификация дефектов с подробным описанием, позволяющая выявлять и предупреждать наличие дефектов не только во время непосредственной операции раскатки, но и на стадии ее планирования.

Таблица 1. Примеры дефектов технологии раскатки колец

<b>Дефекты технологии раскатки колец</b>		
<b>Дефекты заготовки</b>	<b>Дефекты инструмента</b>	<b>Дефекты операций</b>
<p><b>Дефекты микроструктуры Ti сплавов:</b></p> <p><b>1) Включения тугоплавких Me :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вносятся шихтовыми материалами и не расплавляющиеся вследствие особенностей вакуумно дуговой плавки.</li> </ul> <p><b>2) Неметаллические включения белого цвета, значительно обогащенные кислородом и азотом, а также включения темного цвета, обогащенные водородом (гидриды).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Источниками образования кислородно-азотных включений являются горелые и окисленные частицы губки</li> </ul> <p><b>3) Зональная разнотекучность, обусловленная зональной ликвацией легирующих элементов, неоднородностью пластической деформации и неравномерностью температуры по сечению при деформации заготовок.</b></p> <p><b>4) Грубые выделения α-фазы, возникающие при</b></p>	<p><b>Разрушение инструмента вследствие превышения предела текучести:</b></p> <p><b>Малая стойкость штампа вследствие адгезионного износа:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Происходит в результате прилипания трущихся поверхностей и последующего отрыва мельчайших частиц материала инструмента.</li> <li>• Результатом этого износа являются кратеры на рабочих поверхностях инструмента.</li> <li>• При слиянии кратеров образуются лунки износа.</li> <li>• Действие износа усиливается в зоне низких и средних скоростей резания.</li> <li>• Уменьшить износ можно повышением твердости инструмента.</li> </ul> <p><b>Малая стойкость штампа из-за цикловой усталости:</b></p> <p><b>1) Разрушение в области малоциклового усталости:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Развитие трещин происходит в условиях значительного влияния волокнистой структуры штампового материала на реализуемый механизм разрушения.</li> <li>• Все случаи развития</li> </ul>	<p><b>Дефекты при нагреве:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Перегрев</li> <li>• Недогрев</li> <li>• Окалина</li> <li>• Внутренние трещины</li> </ul> <p><b>Дефекты при резке:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Косой срез</li> <li>• Торцевые трещины</li> <li>• Торцевой скол</li> <li>• Несоответствие длины</li> </ul> <p><b>Дефекты при штамповке</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Риски</li> <li>• Закаты</li> <li>• Волосовины</li> <li>• Расслоения</li> <li>• Шлаковые включения</li> </ul> <p><b>Дефекты при раскатке:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Незаполнение</li> <li>• Складки</li> <li>• Утки</li> <li>• Козырек</li> <li>• Утяжка торцев</li> <li>• Неблагоприятное волокнистое строение</li> </ul>

**длительном нагреве металла при температурах  $\alpha+\beta$ -области и характеризующиеся очень крупными (до 20—30 мкм) зернами  $\alpha$ -фазы.**

**Дефекты микроструктуры Al сплавов:**

**1) Гальванизация (блестки):**

Причины:

- Может возникать при травлении алюминиевых профилей в щелочном растворе повышенной концентрации или при повышенной температуре.
- Повышенное содержание цинка в алюминиевом сплаве.

Предотвращение:

- Ограничение содержания цинка в алюминиевых сплавах.
- Поддержание содержания свободного цинка в щелочном травильном растворе ниже 6 ppm.

**2) Анодный прижог:**

Причина:

- Анодирование
- Происходит при чрезмерной плотности тока и при неадекватном перемешивании анодного раствора.

Предотвращение (дефект не возникает):

- Правильной навеске профилей для обеспечения однородного распределения.
- Хорошее движение

трещин сведены к трех категориям: вдоль волокон, под углом и перпендикулярно к ним.

**2) Разрушение в области малоциклового усталости:**

- Зарождение трещин происходит от границы зерен или в пределах зерна с формированием каскада гладких фасеток разрушения пластинчатой или глобулярной  $\alpha$ -фазы.
- Решающую роль в зарождении трещин играют волокна с пониженной пластичностью при произвольной ориентации структурных элементов по отношению к оси приложения нагрузки.

электролита через занавеску.

### **Литература**

1. *Костышев В.А.* Раскатка колец / Под общ. Ред. В. А. Костышева. Самарский гос. аэрокосмический университет. Самара, 2000.208с.: ил.
2. *Алимов А.И.* Совершенствование технологии изготовления колец из титанового сплава ВТ6 путем определения рациональных режимов деформирования / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва 2017.
3. *Охрименко Я.М.* Технология кузнечно-штамповочного производства. Допущено министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебников для студентов вузов. // Издательство «Машиностроение», Москва 1966.
4. T. Short, The Identification and Prevention of Defects on Anodizing Aluminium Parts, 2003.
5. *Мальцева Л.А.* М21 Материаловедение: учебное пособие / Л.А. Мальцева, М.А. Гервасьев, А.Б. Кутын-Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007.339с.