

УДК 621.793

Л.П. КАШИЦИН, к.т.н., **А.Л. ХУДОЛЕЙ**, к.т.н.,

И.А. СОСНОВСКИЙ, **С.Е. КЛИМЕНКО** Минск, Беларусь, Институт механики и надёжности машин НАНБ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
РАЗЪЕМНЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ
СКОЛЬЖЕНИЯ РЕДУКТОРОВ**

The technological bases of obtaining halves of insert from the bimetallic tubular billet are developed. Three schematic diagrams of the insert halves manufacture are proposed. It is shown that at production of two halves of insert from one cylindrical billet it is necessary to strive to the minimum width of its longitudinal cut.

Введение. Разъемные подшипники скольжения имеют ряд преимуществ, по сравнению с неразъемными, это - возможность установки в труднодоступные места и регулировки в процессе эксплуатации и сборки. Разъемный подшипник скольжения состоит из двух половин вкладыша. Для изготовления половин подшипника используют антифрикционные материалы типа бронз, баббитов и многокомпонентных латуней. Причем использование биметаллических вкладышей является предпочтительным по сравнению с монокристаллическими, т.к. они выдерживают большие эксплуатационные нагрузки и на их изготовление затрачивается меньше цветного антифрикционного сплава. Основным методом получения биметаллических вкладышей с толщиной стенки более 3,5 мм является заливка расплава во вращающуюся форму. Однако этот процесс не отвечает требованиям экологической чистоты и требует высокой квалификации рабочего либо автоматизации производства. В этой связи целью настоящей статьи является разработка технологических основ изготовления биметаллических вкладышей редукторов из трубчатой заготовки,

полученной центробежным индукционным припеканием или наплавкой порошковых покрытий, в условиях ремонтного производства.

Технологические основы изготовления половин вкладыша. На рис. 1 показано поперечное сечение цилиндрической заготовки с покрытием из спеченного порошка. Стальная заготовка представляет собой трубу с внутренним радиусом R и наружным – R_0 . Существует два варианта изготовления вкладышей из биметаллической заготовки: изготовление из одной цилиндрической заготовки двух половин вкладыша и одной.

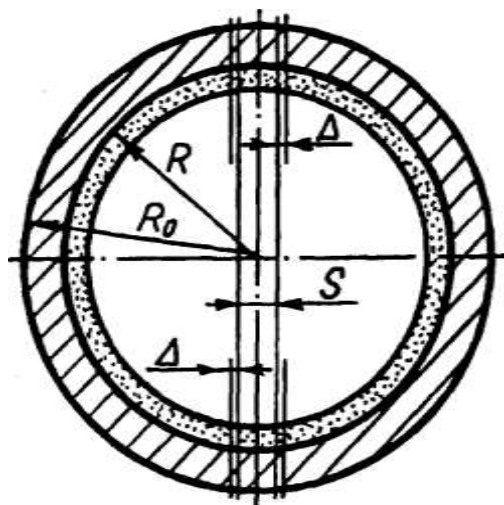


Рис.1. Поперечное сечение биметаллической заготовки

При изготовлении одной половины вкладыша из цилиндрической заготовки продольный рез выполняют выше оси симметрии заготовки. Поэтому получается только одна полная половина вкладыша. Дальнейшую механическую обработку проводят только полных половин вкладыша. В результате получают равномерную толщину антифрикционного покрытия у готового вкладыша. Оставшиеся неполные половины подвергают испытаниям методами разрушающего и неразрушающего контроля, а затем отправляют в отходы. Возможность применения методов разрушающего контроля для определения качества покрытий и вкладыша в целом делает предпочтительным использование этой схемы при изготовлении особо-ответственных и высоконадёжных вкладышей. Однако существенным недостатком указанной схемы является низкий коэффициент использования

материала биметаллической заготовки ($q = 0,5$), что увеличивает стоимость готовых вкладышей и уменьшает производительность при их изготовлении.

Изготовление двух половин вкладыша из одной цилиндрической заготовки может осуществляться по двум принципиальным схемам.

Согласно первой, стальную заготовку изготавливают большего диаметра и на её внутреннюю поверхность наносят слой большей толщины. При этом наружный радиус стальной заготовки можно определить как

$$R_0 = R_2 + \frac{S}{2} + \Delta + \Delta_0, \quad (1)$$

где R_2 - наружный радиус готового вкладыша; S - ширина продольного реза биметаллической заготовки; Δ - припуск на механическую обработку поверхностей стыка двух половин вкладыша; Δ_0 - припуск на механическую обработку наружной поверхности вкладыша, а внутренний радиус из уравнения:

$$R = R_1 + \frac{S}{2} + \Delta + \delta_{\min},$$

(2)

где R_1 - внутренний радиус готового вкладыша; δ_{\min} - минимальная толщина покрытия.

После продольной разрезки биметаллической заготовки обе половины вкладыша соединяют и совместно обрабатывают. В результате чего покрытие и стальная основа вкладыша становятся неравномерными по толщине (рис. 2). Максимальная абсолютная разнотолщинность как покрытия, так и стальной основы определяются зависимостью

$$h_1 = R \left(1 - \left(\frac{S + 2\Delta}{2R} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} - R + \frac{S}{2} + \Delta, \quad (3)$$

Отличие состоит в том, что максимальной толщине покрытия соответствует минимальная толщина стальной основы и наоборот.

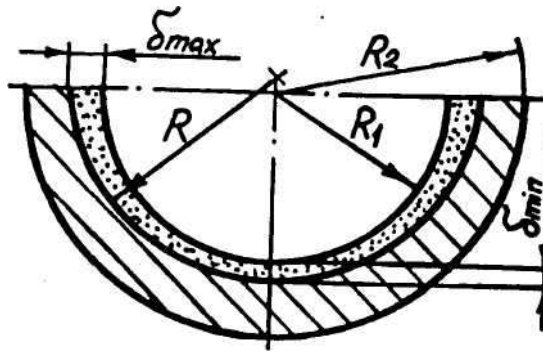


Рис.2. Поперечное сечение половины вкладыша

Анализ зависимости (3) показал, что значение разнотолщинности изменяется незначительно даже при увеличении радиуса даже в 2 раза, и в основном определяется шириной продольного реза биметаллической заготовки. С учётом вышесказанного и при условии $R \gg S, \Delta$ абсолютную разнотолщинность покрытия и стальной основы можно с точностью достаточной для инженерных расчетов определять суммой только двух последних членов уравнения (3).

Необходимо помнить, что такого рода разнотолщинность покрытия приводит к повышению расхода порошкового материала. Для характеристики изменения расхода порошка используем коэффициент

$$K_1 = \frac{R^2 - R_1^2 - \frac{2R}{\pi} (\delta + 2\Delta)}{\delta_{\min} \delta_{\min} + 2R_1} \quad (4)$$

Коэффициент K_1 показывает, как изменяется расход порошка из-за разнотолщинности покрытия, появляющейся после продольной разрезки заготовки и дальнейшей механической обработки покрытия.

Коэффициент изменения расхода порошка в практически равной степени зависит, как от ширины продольного реза заготовки, так и от минимальной толщины покрытия. Причём с уменьшением толщины покрытия в 2 раза расход порошка увеличивается в 1,3 - 1,6 раза. Это также указывает на тот факт, что с уменьшением толщины покрытия уменьшается коэффициент использования материала покрытия.

Как уже было отмечено ранее, при использовании этой схемы необходимо наносить покрытие большой толщины. С учётом припуска на механическую обработку и абсолютной разнотолщинности стальной заготовки, определим толщину покрытия как

$$\delta = \delta_{\min} + h_1 + \Delta_1, \quad (5)$$

где Δ_1 - припуск на механическую обработку покрытия по толщине.

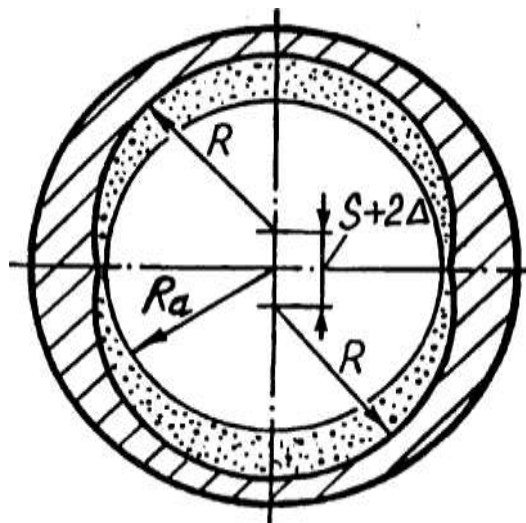


Рис.3. Поперечное сечение биметаллической заготовки

Основными достоинствами рассмотренной схемы являются возможность получения из одной цилиндрической заготовки двух половин вкладыша и простота изготовления стальной заготовки. К недостаткам этой схемы следует отнести неизбежное получение разнотолщинного покрытия у готового вкладыша, а так же повышенный расход порошкового материала. При изготовлении вкладышей необходимо помнить, что значительный резерв по улучшению экономических показателей этой схемы лежит в уменьшении ширины продольного реза биметаллической заготовки.

Согласно второй схеме (рис. 3), внутреннюю поверхность стальной заготовки предварительно растачивают с эксцентриситетом $\frac{S}{2} + \Delta$, а радиус расточки определяют из выражения:

$$R_3 = R_1 + \delta_{\min}. \quad (6)$$

Затем наносят покрытие и продольно разрезают заготовку. После механической обработки получают вкладыши с равномерным по толщине покрытием.

Рассмотренная схема отличается от предыдущей тем, что при нанесении покрытия на стальную основу наносится неравномерная толщина покрытия, а затем за счёт механической обработки получают равномерное по толщине покрытие. В этом случае выражение для определения максимальной абсолютной разнотолщинности покрытия имеет следующий вид:

$$h_2 = R_1 - R_1 \left(1 + \left(\frac{S + 2\Delta}{2R_1} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{S}{2} + \Delta. \quad (7)$$

Значение разнотолщинности h_2 как и h_1 в основном определяются шириной продольного реза биметаллической заготовки. Увеличение внутреннего радиуса в 2 раза приводит к уменьшению разнотолщинности всего на 1%.

Для характеристики изменения расхода порошка при использовании этой схемы (рис. 3) применим коэффициент

$$K_2 = \frac{R_3^2 - R_C^2 - \frac{2R_C}{\pi} (S + 2\Delta)}{\delta_{\min} (S_{\min} + 2R_1)}, \quad (8)$$

$$R_C = R_1 \left(1 + \left(\frac{S + 2\Delta}{2R_1} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

где

(9)

Коэффициент K_2 показывает, как изменяется расход порошка из-за разнотолщинности покрытия, появляющейся при его нанесении на стальную заготовку сложной формы.

Расход порошка практически не зависит от внутреннего радиуса готового вкладыша, а определяется шириной продольного среза биметаллической заготовки и толщиной наносимого покрытия. Анализ

расчетных значений показывает, что рассматриваемая схема отличается повышенным расходом порошка в 1,3 - 1,7 раза по сравнению с предыдущей схемой.

Как уже было отмечено, при использовании этой схемы образование разнотолщинности у покрытия происходит на стадии его нанесения. Поэтому в этом случае правильнее говорить не о толщине наносимого покрытия, а о внутреннем радиусе R_a покрытия:

$$R_a = R_c + \Delta_1. \quad (10)$$

Главным достоинством рассматриваемой схемы является возможность получения из одной цилиндрической заготовки двух половин вкладыша с равномерным по толщине покрытием. Сложность изготовления стальной заготовки и механической обработки вообще, трудности нанесения разнотолщинного покрытия и увеличение расхода материала покрытия следует отнести к недостаткам этой схемы. При изготовлении вкладышей необходимо учитывать, что для получения равномерной толщины покрытия продольный рез биметаллической заготовки должен совпадать с плоскостью симметрии эксцентриситета, а для снижения расхода порошкового материала надо стремиться к уменьшению ширины продольного реза биметаллической заготовки.

В настоящее время авторами практически опробованы и внедрены первые две из трех рассмотренных схем, а в качестве материала покрытия опробованы следующие марки порошковых бронз - Бр.ОС1-22; Бр.ОФЮ-0,3; Бр.АЖ9-4; Бр.ОЦС5-5-5 и Бр.ОС12-17.

Выводы. Разработаны технологические основы для изготовления биметаллических вкладышей разъемных подшипников скольжения редукторов из трубчатой заготовки, полученной центробежным индукционным методом, в условиях ремонтного производства. Для промышленного использования результатов исследований предложены три принципиальные схемы изготовления половин вкладыша. Проанализированы преимущества и недостатки использования каждой из схем.

Получены выражения для определения абсолютной разнотолщинности покрытия, увеличения расхода материала покрытия, значений внутреннего и наружного радиусов стальной заготовки в зависимости от размеров готового вкладыша, минимальной толщины покрытия и параметров механической обработки.

Показано, что при изготовлении двух половин вкладыша из одной цилиндрической заготовки для уменьшения расхода материала покрытия и снижения трудоёмкости механической обработки необходимо стремиться к обеспечению минимальной ширины продольного реза биметаллической заготовки.