

УДК 621.833:622.6

Э.В. Дзампаев, начальник бюро горно-шахтного и цементного оборудования¹;
С.А. Лагутин, канд. техн. наук, ведущий конструктор по редукторостроению¹;
Д.А. Маёнков, ведущий инженер по ремонту технологического оборудования²
¹ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения», Россия
²ООО «Азия Цемент», Россия

Цилиндрический редуктор нового поколения для приводов цементного оборудования

РЕФЕРАТ. Рассмотрены тенденции повышения технического уровня многоступенчатых цилиндрических редукторов для приводов оборудования цементной промышленности и других отраслей тяжелой индустрии. Разработана интерактивная методика оптимизации геометрических параметров таких редукторов, обеспечивающая равную прочность ступеней по контактной и изгибной выносливости. Показано, что повышение твердости зубьев требует увеличения модуля и угла их наклона, ограничения передаточных чисел, а также уменьшения перепада межосевых расстояний соседних ступеней. При создании редукторов нового поколения переход к передачам с цементированными и шлифованными зубьями обеспечивает повышение нагрузочной способности в 2,5–3,0 раза. Описана конструкция и приведены технические характеристики редуктора ЦЗ-770 главного привода вращающейся печи размерами $\varnothing 4,8 \times 72$ м.

Ключевые слова: цилиндрический редуктор, контактная и изгибная выносливость, вращающаяся печь, шаровая мельница.

Keywords: cylindrical reducer, contact and bending endurance, rotary kiln, ball mill.

Введение

На Электростальском заводе тяжелого машиностроения (ЭЗТМ) накоплен большой опыт в теории и практике производства многоступенчатых цилиндрических и цилиндрико-конических редукторов для приводов прокатного, металлургического и горно-шахтного оборудования. Для их проектирования разработана интерактивная методика оптимизации геометрических параметров, обеспечивающая равнопрочность ступеней по контактной и изгибной выносливости [1, 2]. Установлено, что при повышении твердости зубьев нужно увеличивать модуль и угол их наклона, ограничивать передаточные числа, а также

уменьшать различие между межосевыми расстояниями соседних ступеней. При разработке редукторов нового поколения переход к использованию передач с цементированными и шлифованными зубьями позволяет повысить нагрузочную способность в 2,5–3,0 раза.

С 2004 года ЭЗТМ начал осваивать производство цементного оборудования, в том числе приводов для вращающихся печей и шаровых мельниц, в которых используются крупные цилиндрические редукторы с крутящим моментом на тихоходном валу 150–1800 кНм [3, 4]. Примеры — редуктор ЦТ-2900 главного привода вращающейся печи размерами $\varnothing 5 \times 185$ м (рис. 1), редуктор ЦТ-3230 глав-

ного привода вращающейся печи $\varnothing 4,5 \times 170$ м, редуктор ЦЗ-1800 привода мельницы $\varnothing 3 \times 14$ м.

Редуктор ЦЗ-770

Одна из недавних разработок ЭЗТМ для цементных заводов — цилиндрический трехступенчатый редуктор ЦЗ-770 с суммой межосевых расстояний $570 + 660 + 770 = 2000$ мм и массой 14,5 т, предназначенный для главного привода вращающейся печи размерами $\varnothing 4,8 \times 72$ м.

Редуктор работает от двигателя мощностью 1100 кВт с частотой вращения вала $n_1 = 960$ об/мин. Расчетный ресурс работы — 30 000 ч при крутящем моменте на выходном валу 320 кН·м. Допускается возможность кратковременной (до 5 % ресурса) двойной перегрузки. Передачи — эвольвентные, косозубые и корригированные. Углы наклона зубьев и коэффициенты коррекции оптимизированы так, чтобы обеспечить максимальный крутящий момент, допустимый с учетом сопротивления материала поверхностному выкрашиванию (контактной выносливости). Все зубчатые детали выполнены из стали 20ХНЗА с цементацией, закалкой зубьев до твердости 54–60 HRC и их последующей шлифовкой.

Редуктор ЦЗ-770 выпускается в двух исполнениях, с передаточными числами $u_s = 32,06$ и 30,36. Выбор варианта зависит от технологического режима работы печи у заказчика. При заданной частоте ее вращения, равной 3,98 об/мин, необходимо передаточное число 30,36. Если заданная частота вращения печи меньше, то поставляется редуктор с $u_s = 32,06$.

К настоящему времени редукторы ЦЗ-770 поставлены двум предприятиям: ООО «Азия



Рис. 1. Редуктор ЦТ-2900 главного привода вращающейся печи размерами $\varnothing 5 \times 185$ м

Рис. 2. Редуктор ЦЗ-770 главного привода вращающейся печи размерами $\varnothing 4,8 \times 72$ м на предприятии ООО «Азия Цемент»

Рис. 3. Редуктор ЦЗ-770 главного привода, установленный на вращающейся печи размерами $\varnothing 4,8 \times 72$ м ООО «Азия Цемент»

Цемент» ($u_s = 30,36$) и ОАО «Белорусский цементный завод» ($u_s = 32,06$).

Частота вращения печи ООО «Азия Цемент», на которой редуктор ЦЗ-770 установлен в 2019 году (рис. 2, 3), в результате увеличилась на 0,049 об/мин по сравнению с ее значением при работе с прежним редуктором от другого производителя. После этого уменьшилась длительность простоев печи. Повышение коэффициента надежности (в среднем за год он составлял 0,95—0,98) обусловлено увеличением передаваемой мощности с 630 кВт для прежнего редуктора до 1100 кВт для редуктора ЦЗ—770: при повышении нагрузок на привод печи редуктор с большим запасом мощности легко обеспечивает работу оборудования, а внутри редуктора не появляются какие-либо дефекты.

Бесперебойная работа печи способствовала росту объема производства клинкера без изменения его качества (в 2017 году выпущено 1435,3 тыс. т, в 2018 году — 1280,2 тыс. т, в 2019 году — 1570,7 тыс. т). План 2020 года — 1514,4 тыс. т клинкера, печь работает в соответствии с плановыми показателями.

Заключение

Чтобы тяжело нагруженные многоступенчатые редукторы, в частности, для предприятий цементной промышленности, соответствовали современному мировому уровню, требуется соблюдение двух условий:

- оптимизация геометрических параметров передач как между ступенями, так и внутри каждой из них;

- выполнение зубчатых передач с высокотвердыми, цементированными и шлифованными зубьями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бедняков В.В., Гудов Е.А., Лагутин С.А. Опыт ЭЗТМ в проектировании и изготовлении редукторов главного привода прокатных станов // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020. Т. 76, № 10. С. 1035—1042.
2. Lagutin S., Chirkov S., Klochkov A. Third generation of apron feeder drives // Proc. 8th Intern. Congr. «Machines, Technologies, Materials», Varna, Bulgaria, 2011. P. 26—27.
3. Гудов Е.А., Лагутин С.А. Морозов С.В. Новые редукторы приводов обогатительного и цементного оборудования // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сборник научных работ. Харьков: НТУ «ХПИ». 2012. № 36. С. 46—52.
4. Gudov E., Lagutin S. Optimal design of helical reducers for cement equipment // Power Transmissions'19. Vol. 1. Varna, Bulgaria, 2019. P. 190—195.



Изготавливает и поставляет редукторы:

- редукторы привода мельниц
- редукторы привода вращающихся печей

- червячные
- конические
- глобоидные
- цилиндрические

ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения»

**Мы работаем для процветания
ВАШЕГО БИЗНЕСА!**

www.eztm.ru