

работ разработана технология изготовления модифицированных глобоидных передач с локализованным пятном контакта. Выполнен расчет глобоидной передачи и разработан специальный инструмент для нарезания глобоидных червяков и колес.

Литература

1. ГОСТ 17696-89. Передачи глобоидные. Расчет геометрии. Издательство стандартов. 1990.
2. Способ нарезания модифицированных витков глобоидных червяков. Авт. св. № 61121/ Коган Г.И., Копф И.А., Сорокин Г.И., Федотов Б.Ф.: БИ, 1970, № 4.
3. Способ изготовления колеса модифицированной глобоидной передачи. Авт. Св. СССР, № 1328092, 24.03.86./ Федотов Б.Ф.: БИ 1987, № 29.
4. ГОСТ 24438-80. Передачи червячные глобоидные. Исходный червяк и исходный производящий червяк. Издатель стандартов. 1980.

Новые эффективные технологии и материалы для производства тяжелонагруженных редукторов

д.т.н. Овумян Г.Г., к.т.н. Клауч Д.Н., Носов Д.П., Думилин С.В., Малышева Н.Б., Мосюк А.Л.
ГНЦ РФ ОАО НПО «ЦНИИТМАШ», Москва
8(495)675-85-05 Daniil.nsv@mail.ru

Аннотация. Разработана конструкция нового редуктора очистного угольного комбайна. Разработана и внедрена технология изготовления зубчатых колёс из новых сталей 18Х2Н4МnАА и 38ХНЗМФmАА, обеспечивающая повышение их ресурса. Исследования и стендовые испытания редуктора горно-шахтного комбайна подтвердили преимущества конструкторских, технологических решений и новых сталей.

Ключевые слова: редуктор, горно-шахтное оборудование, стали, технология, механическая и химико-термическая обработка

Создание тяжелонагруженных зубчатых редукторов с повышенным ресурсом работы является актуальной задачей для горнодобывающей промышленности.

Специалистами ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» и ОАО «Юргинский машиностроительный завод» с использованием разработок в области новых материалов, конструкции и технологии разработан и изготовлен опытный образец редуктора для очистного угольного комбайна и проведены его испытания.

Для увеличения ресурса работы зубчатых передач в конструкцию нового редуктора и технологию его изготовления, на основе опыта работ выполненных ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» [1], введено следующее:

- разработана технология финишной обработки обеспечивающая повышение точности зубчатых передач с 7-8 степени точности по ГОСТ 1641-81 до 5 - 6 степени точности;
- профильная и продольная модификация зубьев;
- шлифование боковых поверхностей зубьев, исключая образование уступов и формирование остаточных напряжений растяжения на переходной поверхности у основания зуба;
- повышение точности центрирования колёс с эвольвентными шлицевыми соединениями в результате замены центрирования по боковым поверхностям зубьев на центрирование по внутреннему диаметру;
- применены новые материалы (стали 18Х2Н4МnАА и 38ХНЗМФmАА);
- разработана технология химико-термической обработки;
- отработка технологии проводилась по следующим направлениям;
- разработка конструкции режущего инструмента для профильной модификации зубьев модулем 8, 10 и 12 мм и способа наладки станка для модификации вершин зубьев;
- разработка расчёта копиров для продольной модификации зубьев на станке модели 5842;
- разработка конструкции режущего инструмента и контрольно-измерительных приборов

для изготовления шлицевого эвольвентного соединения с базированием по внутреннему диаметру;

- разработка системы контроля зубчатых колёс опытного редуктора;

Проведена отработка технологии изготовления шлицевого эвольвентного соединения с центрированием по внутреннему диаметру.

Были произведены расчеты на прочность и расчеты геометрии для четырех различных диаметров шнеков в редукторе с различными парами сменных колес Ø1400мм, Ø1600 мм, Ø1800мм, Ø2000 мм. В ходе расчетов была определена контактная выносливость зубчатых передач, контактная прочность при действии максимальной нагрузки, выносливость зубьев при изгибе, прочность при изгибе максимальной нагрузкой.

Технология изготовления зубчатых передач должна обеспечивать выполнение высоких требований по точности и качеству изготовления. С учетом этого были даны рекомендации, позволяющие увеличить ресурс работы редуктора, а именно было предусмотрено улучшение условий нагружения в зоне контакта зубьев путем продольной и профильной модификации, устранения уступов у основания зубьев при шлифовании, повышение точности в первую очередь по показателям плавности и контакта. Это позволило увеличить запасы контактной прочности и выносливости в среднем на 20...30%.

Создание горных машин нового поколения обуславливает необходимость повышения эксплуатационных характеристик сталей для зубчатых колес [2-3].

Исследованиями [4] показана эффективность качественного изменения служебных свойств конструкционных сталей широкого спектра назначения путем повышения их чистоты по сере, фосфору и неметаллическим включениям, снижающих пластичность металла.

На основе производственного опыта и анализа литературных данных [2-3], в качестве базовых марок приняли стали 18Х2Н4МА и 38ХНЗМФА (ГОСТ 4543-71) – лучшие по комплексу свойств и перспективные с позиций металловедения для создания сталей нового поколения.

Химический состав опытно-промышленных плавок новых и базовых сталей приведен в таблице 1.

Таблица 1.

**Химический состав и балл НВ разработанных (18Х2Н4МАА и 38ХНЗМФАА)
и базовых сталей (18Х2Н4МА и 38ХНЗМФА)**

Марка стали	Химический состав стали, масс % *									Балл НВ	
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	S	P	C	OC
18Х2Н4МАА	0,15	0,25	0,27	1,57	4,07	0,35	-	0,004	0,005	1,0	1,5
18Х2Н4МА	0,18	0,26	0,39	1,54	4,01	0,37	-	0,023	0,021	2,0	3,0
38ХНЗМФАА	0,35	0,24	0,31	1,26	3,21	0,39	0,11	0,005	0,005	1,0	1,5
38ХНЗМФА	0,38	0,29	0,44	1,45	3,31	0,41	0,13	0,024	0,022	2,5	3,5

Таблица 2 иллюстрирует механические свойства разработанных и стандартных сталей после термической обработки, имитирующей цементацию по температуре и времени выдержки, и разработанного комплекса закалок и отпусков.

Таблица 2.

**Механические свойства разработанных (18Х2Н4МАА и 38ХНЗМФАА)
и стандартных сталей (18Х2Н4МА и 38ХНЗМФА)**

Марка стали	Характеристика				Ударная вязкость КСУ, Дж/см ² при температурах		
	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	+20 °С	-20 °С	-60 °С
18Х2Н4МАА	1069	1380	14,0	57,20	152,5	93,0	85,0
18Х2Н4МА	956	1218	12,5	56,30	118	67,0	53,0
38ХНЗМФАА	1180	1230	14,0	22,3	38,1	36,3	34,3
38ХНЗМФА	1077	1125	9,0	11,0	29,0	28,0	27,0

В условиях ОАО «Юргинский машиностроительный завод» проведены сравнительные испытания ранее выпускаемого и нового редуктора (рисунок 1).



Рисунок 1. Установка редуктора на стенде

Целью исследований вибрационных процессов в редукторах К750Ю.03.01.000 и К750Ю.03.10.000 была оценка эффективности новой конструкции и технологии изготовления. Разработка новой конструкции и технологии изготовления были направлены на повышение плавности работы зубчатых зацеплений, входящих в редуктор, создание предпосылок к повышению надежности работы агрегата в целом.

Факторами, определяющими достижение этих целей, являются снижение шума, сопровождающего работу редуктора, и снижение вибраций на корпусе агрегата. Для выполнения сравнительного анализа результатов замера шума и вибраций старого и нового редукторов испытания проводились в одинаковых условиях, а замеры шума и вибраций делались в одних и тех же точках.

Таблица 3.

Сравнение уровней звуковой мощности редукторов при работе без нагрузки с отключенным стендом (без шумоизоляции редуктора)

Ср. геом. окт. полосы частот, Гц	Уровни звуковой мощности $L_{\text{ш}}$ и $L_{\text{дБ}}$	С вращением в левую нерабочую сторону			С вращением в правую рабочую сторону		
		К750Ю.03.01.000 зав.№ 01; 30.01.13	К750Ю.03.10.000 зав.№ 01; 29.09.13	Допустимые уровни по мощности	К750Ю.03.01.000 зав.№ 01; 30.01.13	К750Ю.03.10.000 зав.№ 01; 29.09.13	Допустимые уровни по мощности
31,5	Уровни звуковой мощности $L_{\text{ш}}$ и $L_{\text{дБ}}$	88,2	81,2	124	90,4	81,1	124
63		84	80,8	112	86,8	81,3	112
125		85,7	85,5	104	89,3	85,0	104
250		90,4	84,1	99	92,8	85,6	99
500		86,4	84,6	95	88,5	84,4	95
1000		89,9	86,8	92	90,6	87,2	92
2000		82,8	77,9	90	81,4	78,1	90
4000		72,8	70,6	88	71,6	68,4	88
8000		63	61,9	86	63,4	63,2	86
дБА		92,9	88,8	97	92,9	89,9	79

Исследования вибраций редуктора старой и новой конструкции проводились на стенде на испытательном участке Юргинского машиностроительного завода (рисунок 1).

Проведен сравнительный анализ шумовых характеристик старой и новой конструкции.

В таблице 3 результаты замеров шумовых характеристик старого и нового редукторов сравниваются между собой. Сравнение велось для разных направлений вращения редукторов.

Из таблицы 3 следует, что новый редуктор во всех случаях имеет более низкие шумовые характеристики для всех октавных полос. Снижение в основных октавных полосах и по шкале A составляет 3...4 дБ. Это означает, что звуковая мощность модернизированного редуктора в 2...2,5 раза меньше старой модели. Этот факт обеспечивает более комфортные условия работы операторов и позволяет рассчитывать на снижение динамических нагрузок на детали редуктора.

Проведен сравнительный анализ (рисунок 2) вибраций старого и нового редукторов.

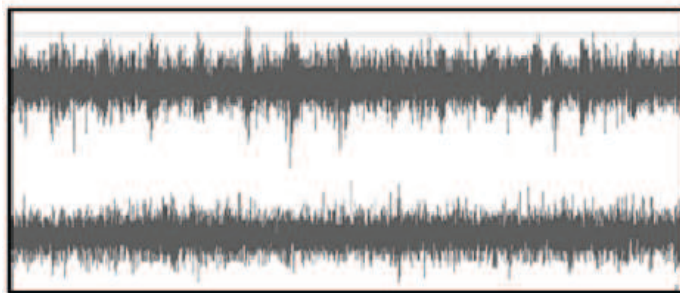


Рисунок 2. Сравнение записей сигналов виброускорения для старого (верх) и нового редукторов

Анализ вибраций заключается в определении спектра вибрационного сигнала и сопоставлении частот спектра с большими амплитудами с оборотными частотами валов, зубцовыми частотами зубчатых колес, с частотами, присущими подшипникам (частоты прохождения тел качения по внутренним и наружным дорожкам качения, частоты сепараторов и т.д.). Кроме спектров широкополосного сигнала, могут строиться спектры огибающих высокочастотного сигнала, записанного, например, в октаве 4 кГц, а также и в других октавах. Для анализа сигналов использовалась программа *ExpDyna*, разработанная в МГТУ «СТАНКИН».

Анализ вибраций показал, что плавность работы зубчатых передач значительно возросла.

Испытания старой и новой конструкций редукторов показало, что проведенные мероприятия дали положительный эффект относительно снижения виброакустической активности нового образца.

Заключение

Разработана новая конструкция и технология изготовления зубчатого привода с применением новых материалов, режущего инструмента, специальной технологической оснастки и контрольно-измерительных приборов, включающая технологию выплавки,ковки, химико-термической и механической обработки зубчатых колес.

По разработанной технологии с использованием новых материалов изготовлен и испытан в широком диапазоне нагрузок опытный образец редуктора очистного комбайна с мощностью привода 350 кВт.

По результатам стендовых испытаний установлено снижение шума в основных октавных частотах на 3-4 дБ и вибраций на корпусе редуктора до пяти раз.

По комплексу служебных и технологических характеристик новые стали превосходят стандартные стали 18X2H4MA и 38XH3MФА (ГОСТ 4543-71) и их зарубежные аналоги.

Комплекс выполненных работ может обеспечить повышение ресурса работы редуктора до двух раз и снижение удельной металлоемкости на единицу мощности 20%.

Литература

1. Повышение производительности и качества чистового зубонарезания / Овумян Г.Г, Езерский Е.В, Хухрий С.А :– Машиностроение, 1979 - с. 64.
2. Современные стали и сплавы для ответственных деталей горных машин / Рожкова Е.В., Романов О.М.: Горные машины и электромеханика, № 1, 2000 - с. 37-42.
3. Повышение ресурса крупномодульных зубчатых передач горных машин обеспечением

рациональных условий их работы и диагностической состояния / Фокин А.С.: дисс. докт. техн. наук, 2010, С-Петербург, 330 с.

4. Тезисы доклада «Влияние химической и структурной неоднородности на механические и эксплуатационные свойства трубных сталей»/ Марков С.И., Дуб В.С., Морозова Т.В.: Сборник трудов Международной VI-й Евразийской научно-практической конференции «Прочность неоднородных структур». Москва НИТУ МИСиС, 2012 г.

Исследование процессов обработки глубоких отверстий и закрепления труб в деталях теплообменного оборудования АЭУ

Ягуткин Е. Г., к.т.н. Кондратенко Л. А., Гунин А. В., Могутов И. В.;
ГНЦ РФ ОАО НПО «ЦНИИТМАШ», Москва
8 (495) 675-85-05, YagutkinE@rambler.ru

Аннотация. В ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» совместно с ОАО «ЗиО – Подольск» выполнен комплекс исследований влияния технологии обработки отверстий в коллекторах парогенераторов, камерах модулей на состояние поверхностного слоя и эксплуатационные свойства изделий. Разработаны рекомендации по обработке глубоких отверстий и закреплению труб в теплообменном оборудовании АЭУ.

Ключевые слова: обработка глубоких отверстий, закрепление труб, энергетическое машиностроение, теплообменное оборудование

Конструкция теплообменных аппаратов, применяемых в энергетической отрасли, предусматривает, как правило, наличие деталей типа трубных досок и коллекторов, в отверстиях которых закреплен пучок теплообменных труб. Обработка глубоких отверстий, число которых в ряде конструкций достигает до 11000, является одной из наиболее сложных и трудоёмких операций механической обработки корпусных деталей.

При изготовлении теплообменных аппаратов широкое применение нашли малоуглеродистые легированные и коррозионностойкие стали марок 10X2M, 10ГН2МФА, 09Г2СА, 08X18Н10Т и др.

Ввиду значительных габаритов и массы заготовок трубных досок и коллекторов, а также большого количества глубоких отверстий, обработку наиболее целесообразно выполнять на специальных станках для глубокого сверления, оснащенных системой ЧПУ. При глубоком сверлении в деталях теплообменной аппаратуры в основном применяются инструменты с внутренним отводом стружки (типа ВТА) и ружейные свёрла. С учетом требований по качеству поверхностного слоя и точности обработанных отверстий, после предварительного сверления может потребоваться развёртывание [1].

По сравнению с ружейными свёрлами, инструмент с внутренним отводом стружки обладает рядом преимуществ: более высокой жёсткостью стебля, что положительно влияет на точность размеров и формы отверстия, отсутствием контакта стружки с обработанной поверхностью, что благоприятно сказывается на качестве обработанной поверхности, возможностью быстрой замены режущей головки, что упрощает обслуживание. Современной тенденцией стало все более широкое применение в конструкциях инструмента сменных непереключаемых твёрдосплавных режущих пластин, в том числе с износостойкими покрытиями.

Применение инструмента ВТА требует обеспечения гарантированного дробления стружки, необходимого для надёжной её эвакуации, что при сверлении малоуглеродистых легированных и коррозионностойких сталей с высокими пластическими и прочностными свойствами является сложной задачей.

Количество и геометрические параметры стружкоделителей и стружколомных порожков определяются свойствами обрабатываемого материала и режимами резания. Эффективная работа стружколомных порожков обеспечивается в определенном диапазоне режимов резания (скоростей резания и подачи).

Для сталей, применяющихся при изготовлении теплообменной аппаратуры, дробление