

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛАХ СЕМЕЙСТВА БЕЛАЗ

*Институт механики и надежности машин НАН Беларуси  
Минск, Беларусь*

При изготовлении трансмиссий карьерных самосвалов семейства БелАЗ фрикционные диски применяются в гидромеханических передачах и тормозных устройствах (табл.1).

Таблица 1

Параметры фрикционных дисков, применяемых в карьерных самосвалах семейства БелАЗ

Материал дисков	Твердость поверхности и дисков HRC <sub>3</sub>	Размеры дисков, мм										Допускаемое отклонение от плоскостности
		С наружным венцом					С внутренним венцом					
		D	d	b	m	z	D	d	b	m	z	
30ХГСА/ 65Г	26...32 / 32...47	25 6	198	2,6	5	50	246	186	2,6	5	38	0,1
65Г	26...32	49 0	334	3	5	96	477	308	3	5	62	0,2
65Г	26...32	61 0	410	3	5	120	595	397	3	4	10 0	0,2
65Г	26...32	90 3	680	3	5	180	895	665	3	5	13 2	0,2

Фрикционные диски (рис.1) изготавливается из стали 65Г и 30ХГСА. Технологический процесс изготовления фрикционных дисков на БелАЗе включает операции:

- кислородно-плазменная вырезка кольцевых заготовок;
- правка ручная с обеспечением отклонения от плоскостности до 1 мм;
- закалка с высоким отпуском, закалка производится с нагревом дисков в электропечи до 820<sup>0</sup>С последующим охлаждением в масле, высокий отпуск производится в пакетах при нагреве в печи до 450<sup>0</sup>С с выдержкой в течение 1,5..2 часа, твердость диска должна быть в пределах 28...32 HRC<sub>3</sub>, отклонение от плоскостности не более 1мм;
- черновое шлифование рабочих поверхностей с двух сторон;
- токарная обработка наружного и внутреннего диаметра;
- нарезание зубьев наружных или внутренних;
- отпуск при температуре 620<sup>0</sup> ... 660<sup>0</sup>С с выдержкой в течение 1,5...2 часа и охлаждением в пакете на воздухе, твердость диска должна быть в пределах HRC<sub>3</sub> ≥ 35, отклонение от плоскостности не более 0,2 мм;
- чистовое шлифование рабочих поверхностей с двух сторон, отклонение от плоскостности не более 0,1 ... 0,2 мм.

Однако несмотря на довольно сложный технологический процесс, требуемая точность изготовления по отклонению от плоскостности рабочих поверхностей для

всех дисков не обеспечивается. Для исправления повышенного отклонения от плоскостности после чистового шлифования рабочих поверхностей для части дисков применяется повторная термообработка. Повышенное отклонение от плоскостности рабочих поверхностей приводит к сокращению срока службы фрикционного узла в целом [ 1].

В результате проведенного анализа технологического процесса изготовления фрикционных дисков на БелАЗе были сделаны выводы о том, что принятая на БелАЗе технология изготовления фрикционных дисков имеет ряд существенных отличий от принятых технологий изготовления фрикционных дисков на предприятиях, изготавливающих фрикционные диски для гусеничных машин:

- значительное отклонение от плоскостности появляется в начале технологического процесса на операции получения заготовки диска, отклонение от плоскостности допускается до 1 мм;

- в результате больших допусков по отклонению от плоскостности на первичных операциях изготовления дисков приходится снимать большие припуски при шлифовании рабочих плоскостей, в результате для диска с окончательной толщиной 3 мм используется заготовка толщиной 5 мм;

- на БелАЗе не используется импульсная правка, широко применяемая при изготовлении фрикционных дисков гусеничных машин.

Для устранения повышенного отклонения от плоскостности рабочих поверхностей фрикционных дисков было принято решение о применении импульсной правки в технологическом процессе изготовления фрикционных дисков на БелАЗе.

Сущность импульсной правки заключается в кратковременном нагружении фрикционного диска знакопеременными нагрузками, изменяющимися по определенному закону [2]. В результате такого нагружения в фрикционном диске значительно улучшается плоскостность рабочей поверхности, снимаются внутренние остаточные напряжения, фрикционный диск сохраняет длительное время достигнутую точность. Импульсная правка не требует проведения каких либо измерений дисков до правки. Правке могут подвергаться диски с любой исходной погрешностью. В конечном результате все диски, прошедшие импульсную правку, будут иметь высокую одинаковую точность по отклонению от плоскостности рабочих поверхностей.

Импульсная правка внедрена на Орловском заводе шестерен при изготовлении фрикционных дисков тракторов Т-54,Т-100,Т-100М,Т-130, на Волгоградском тракторном заводе, а также ряде других заводов, которые изготавливали фрикционные диски бортовых фрикционов гусеничных машин. В табл. 2 приведены параметры фрикционных дисков, для изготовления которых была внедрена импульсная правка. Как видно из этой таблицы, достигнутое улучшение плоскостности рабочих поверхностей фрикционных дисков после импульсной правки позволяет говорить об импульсной правке как наиболее эффективном процессе достижения требуемой точности по отклонению от плоскостности.

Схема импульсной правки фрикционных дисков представлена на рис.2. Диск располагается между радиально расположенными верхними и нижними роликами. Верхние ролики перемещаются вниз и нагружают диск, который приводится во вращение. Для назначения режима импульсной правки необходимо определить максимальную величину прогиба диска и выбрать циклограмму нагружения для достижения максимального прогиба. Максимальное суммарное напряжение  $\sigma_{рас}$ , создаваемое в процессе нагружения, должно быть в диапазоне ( 1,0...0,85 )  $\sigma_T$  предела текучести для применяемого материала,

Достиженные результаты по отклонению от плоскостности рабочих поверхностей фрикционных дисков после импульсной правки

Тип зубчатого венца	Параметры диска, мм					Материал диска	Твердость	Отклонение от плоскостности рабочих поверхностей	
	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>m</i>	<i>z</i>			До правки	После правки
Наружный	373	311	3,8	3	123	Сталь 85	28...35 HRC <sub>э</sub>	0,20 ... 1,70	0,05 ... 0,15
Внутренний	358	295	3,8	3	100	Сталь 85	28...35 HRC <sub>э</sub>	0,20 .. 1,70	0,05 .. 0,15
Наружный	304	248	2	3	100	65Г	30...42 HRC <sub>э</sub>	0,20 .. 1,15	0,05 .. 0,15
Внутренний	292	235	2	3	80	65Г	30...42 HRC <sub>э</sub>	0,20 .. 1,15	0,05 .. 0,15
Наружный	373	311	5	3	123	30 ХГСА	28...35 HRC <sub>э</sub>	0,23 .. 0,55	0,07 .. 0,15
Внутренний	358	295	5	3	100	30 ХГСА	28...35 HRC <sub>э</sub>	0,20 .. 1,00	0,05 .. 0,15
Наружный	373	311	3,2	3	123	30 ХГСА	28...35 HRC <sub>э</sub>	0,20 .. 0,85	0,05 .. 0,13
Внутренний	358	295	3,2	3	100	30 ХГСА	28...35 HRC <sub>э</sub>	0,20 .. 1,00	0,05 .. 0,15
Наружный	507	449	4	3	168	30 ХГСА	28...35 HRC <sub>э</sub>	0,30 .. 1,80	0,05 .. 0,15
Наружный	417	359	3,5	3	138	30 ХГСА	28...35 HRC <sub>э</sub>	0,20 .. 1,00	0,05 .. 0,15
Наружный	390	334	3,5	4	96	65Г	269...341 HB	0,20 ... 1,70	0,05 ... 0,15
Внутренний	374	317	3,5	4	81	65Г	269...341 HB	0,20 .. 1,70	0,05 .. 0,15

Величина максимального прогиба  $f_{\max}$  фрикционного диска определяется по формуле

$$f_{\max} = \frac{\sigma_{\text{рас}} l^2 W}{12E J} \quad , \quad (1)$$

где  $W, J$  - моменты сопротивления и инерции сечения диска во впадине зубьев,  $l$  - расчетная длина, при  $n$ - роликовой схеме нагружения

$$l = \frac{\pi}{2n} (D + d) \quad , \quad (2)$$

$D$  - наружный диаметр кольца для диска с внутренним зубчатым венцом или диаметр впадины зубьев для диска с наружным зубчатым венцом,

$d$  - внутренний диаметр кольца для диска с наружным зубчатым венцом или диаметр впадины зубьев для диска с внутренним зубчатым венцом.

На рис. 3 представлена расчетная циклограмма импульсной правки применительно для фрикционных дисков БелАЗ. При разработке процесса импульсной правки применительно к фрикционным дискам БелАЗ был заложен ряд новых решений по сравнению с ранее внедренными процессами и установками для импульсной правки:

- все ранее внедренные установки для импульсной правки фрикционных дисков предназначались только для правки окончательно изготовленных дисков, для БелАЗа введена импульсная правка дисков еще для 2-х промежуточных операций изготовления дисков (непосредственно после вырезки заготовки и после предварительной шлифовки);

- все ранее внедренные установки для импульсной правки фрикционных дисков предназначались только для одной пары дисков, для БелАЗа требуется обеспечить импульсную правку на одной установке нескольких пар различных типо-размеров дисков;

- все ранее внедренные установки для импульсной правки фрикционных дисков были разработаны и внедрены установки для правки фрикционных дисков с максимальным диаметром до 507 мм и толщиной диска до 3 мм, для БелАЗа требуется обеспечить импульсную правку дисков с максимальным диаметром до 645 мм и толщиной до 5 мм.

В табл. 3 приведены основные параметры фрикционных дисков, намечаемых для изготовления с применением импульсной правки на БелАЗ.

Таблица 3

Параметры фрикционных дисков, подвергаемых импульсной правке

Параметры диска	Без зубчатого венца		С зубчатым венцом	
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Наружный диаметр, мм	480	650	475	645
Внутренний диаметр, мм,	300	530	300	530
Толщина диска, мм	4	5	3	5
Материал и твердость дисков	Сталь 65 Г, 26...32 HRC <sub>2</sub>			

С целью проверки влияния импульсной правки на качество фрикционных дисков были проведены стендовые испытания. В качестве объекта испытания были выбраны фрикционные диски из стали 30ХГСА, толщиной 3 мм, с наружным зубчатым венцом диаметром – диаметр наружный 373 мм и внутренний 311мм, и с внутренним зубчатым венцом – диаметр наружный 358 мм и внутренний 295 мм. Для испытания были поставлены серийные диски без правки и диски, прошедшие импульсную правку. Выборка для каждого типа дисков составляла 30 шт, в качестве серийных направленных дисков отбирались диски с отклонением от плоскостности в пределах 0,12...0,45 мм. В качестве правленных сначала брались любые диски с отклонением от плоскостности 0,35...1,35 мм, затем после правки эти диски уже имели отклонение от плоскостности в пределах 0,15...0,38 мм.

Диски испытывались пакетами при установке в один пакет правленных и направленных дисков. Стендовые испытания проводились со следующими режимами нагружения :

удельная работа трения - 43, 2; 49,0 ; 96,0 ; 147,0 ; 196,0 Дж/см<sup>2</sup>.

- давление на поверхностях трения – 0,26; 0,32 МПа,  
- начальная скорость скольжения – 26,3; 36,8; 45,6; 52,6 м/с,  
- число буксований – 50...500.

В результате проведенных испытаний были сделаны выводы о том, что правленные диски имеют значительное преимущество по сравнению с неправленными по величине коробления, среднее значение коробления для правленных стальных дисков составляло 0,30 мм, для неправленных – 0,40 мм, соответственно среднее значение коробления дисков с металлокерамикой составляло 0,17 мм для правленных и 0,30 мм для неправленных.

Проведенные стендовые испытания и результаты эксплуатации подтвердили неоспоримое преимущество фрикционных дисков, прошедших импульсную правку. В первую очередь использование фрикционных дисков, подвергнутых импульсной правке, приводит к повышению работоспособности фрикционного узла в целом за счет снижения коробления фрикционных дисков в процессе эксплуатации. Сопутствующими показателями улучшения работы будет более полное и четкое включение и выключение фрикционного узла. Улучшение работоспособности от применения фрикционных дисков, прошедших импульсную правку, будет аналогичным и для фрикционных муфт гидро-механических передач, и для устройств с дисковыми тормозами. Кроме того, за счет введения импульсной правки на промежуточных операциях и снижения припуска под черновое и чистовое шлифование за счет повышения точности по отклонению от плоскости, становится возможным использование заготовок толщиной 4 мм вместо используемых в настоящее время толщиной 5 мм при изготовлении фрикционных дисков с окончательной толщиной 3 мм. Таким образом экономический эффект только от уменьшения толщины заготовки и снижения времени шлифования для БелАЗа составляет свыше 80 млн. рублей в год. Дальнейшим развитием применения импульсной правки фрикционных дисков на БелАЗе будет ее применение при изготовлении дисков с диаметром до 900 мм и при изготовлении основы дисков под нанесение металлокерамики.

Таким образом, улучшение геометрической точности фрикционных дисков после импульсной правки оказывает положительное влияние как на работоспособность узла в целом, так и на сокращение затрат при изготовлении фрикционных дисков. Сравнение импульсной правки с другими возможными методами показывает, что то улучшение качества фрикционных дисков, которое можно достичь с применением импульсной правки, невозможно достичь за ту же стоимость затрат при применении других методов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасик В.П. Фрикционные муфты автомобильных гидромеханических передач. -Мн. : Наука и техника, 1973. . -320 с.; 2. А. с. № 1792763. Способ правки концевых дисков/ Антонюк В.Е., Игудесман Р.Е., Самосейко А.П., Сосонкин А.Г. Оpubл. 07.02.93, Бюл.№5 .