

Плавление со скоростью $V_{\text{тг}}^{\text{н}} (\Delta t=0)$ соответствует состоянию динамического равновесия, когда подводимая в печь энергия покрывает энергетические потребности процесса и тепловые потери.

Из вышесказанного следует, что для получения температуры металла 1580–1620 °С загрузка металлизированных окатышей должна осуществляться для варианта III (одна завалка, 75 т) после энергозатрат на уровне 300–320 кВт·ч/т (22500–24000 кВт·ч) металлошихты, для варианта II (завалка и подвалка 90 т) после энергозатрат 360–380 кВт·ч/т (32400–34200 кВт·ч) металлошихты, при этом начальная скорость загрузки окатышей должна составлять 10–15 кг/МВт/мин (35–55 т/ч). Дальнейшее увеличение скорости должно возрастать ступенчато до уровня 28–30 кг/МВт/мин (105–110 т/ч).

По результатам выполненных исследований разработано и внедрено в производство изменение 3 к технологической инструкции ТИ 840-С-07-2000.

УДК 621.735.34

В.Е. АНТОНЮК, д-р техн. наук,
П.А. ВИТЯЗЬ, д-р техн. наук,
А.А. ШИПКО, д-р техн. наук (НАНБ)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЬЦЕРАСКАТКИ ДЛЯ БЕЛОРУССКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Белорусское машиностроение производит большое количество деталей, имеющих форму кольца: подшипники на Минском подшипниковом заводе, коронные шестерни планетарных передач на Минском тракторном, Минском автомобильном и Белорусском автомобильном заводах и Минском заводе колесных тягачей, специальные подшипники и колесные диски на Белорусском автомобильном заводе. Однако для изготовления заготовок колец используется устаревшая технология. Так, на Минском подшипнико-

вом заводе часть заготовок изготавливается раскаткой, а часть – методом свободной ковки на молотах. Белорусский автомобильный завод покупает заготовки для изготовления подшипников и коронных шестерен в России. В результате приходится затрачивать значительные средства на оплату металла и энергоресурсы для изготовления стружки. Для изготовления колец используется ежегодно около 12 000 т высоколегированных сталей, однако коэффициент использования металла составляет не более 0,6.

Показатели экономии металла, снижения энергозатрат и отказ от экспорта заготовок входит в перечень приоритетных направлений работ для белорусских машиностроителей.

Зарубежное машиностроение для изготовления кольцевых заготовок успешно использует кольцераскатные комплексы с ЧПУ, которые обеспечивают высокую стабильную точность и минимальные припуски под последующую обработку, позволяют легко перенастраиваться на изготовление различных типов колец, учитывают свойства материала колец и с помощью программного обеспечения корректируют режимы раскатки. Полученные таким образом заготовки колец не имеют дефектов, брак при последующей обработке исключается. Детали, полученные из кольцераскатных заготовок, имеют повышенные механические свойства [1].

Как правило, изготовление готового кольца происходит с одного нагрева заготовки. После отрезки заготовка поступает в нагревательную печь, затем на 3-позиционный пресс, где происходит осадка и прошивка заготовки (рисунок 1).

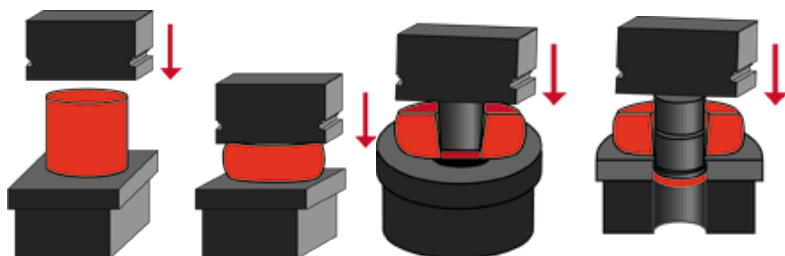


Рисунок 1 – Обработка заготовки на 3-позиционном прессе

Заготовка с прошитым отверстием поступает на кольцераскатную машину, где происходит раскатка кольца при одновременном деформировании конусными горизонтальными и цилиндрическими вертикальными валками (рисунок 2). Для каждого кольца в зависимости от размеров штанги, материала, требуемого профиля задается программа кольцераскатки. На рисунке 3 представлен вид кольцераскатного комплекса.

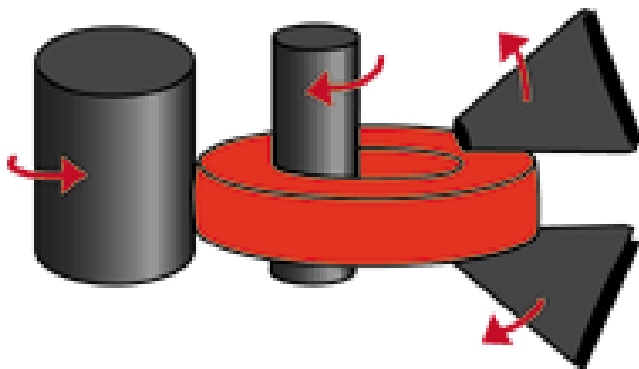


Рисунок 2 – Обработка заготовки на кольцераскатной машине



Рисунок 3 – Кольцераскатной комплекс

Представленный на рисунке 3 кольцераскатной комплекс включает все необходимое оборудование и средства механизации: участок пил; нагревательная печь с вращающимся подом; манипулятор пресса; пресс 3-позиционный; устройство охлаждения и удаления окалины с пресса; манипулятор от пресса к кольцераскаточной машине; кольцераскаточная машина; перегружатель колец от кольцераскаточной машины на транспортер; транспортер; кабина с пультом управления.

Принципиальной особенностью современных процессов кольцераскатки является использование систем ЧПУ и программного обеспечения с целью контроля всех параметров кольцераскатки в реальном времени. На рисунке 4 показан вид экрана, где отражены основные движения инструментов и заготовки в реальном времени, а на рисунке 5 – вид экрана, где показаны размеры сечения кольца в реальном времени, усилия на роликах и температура кольца.

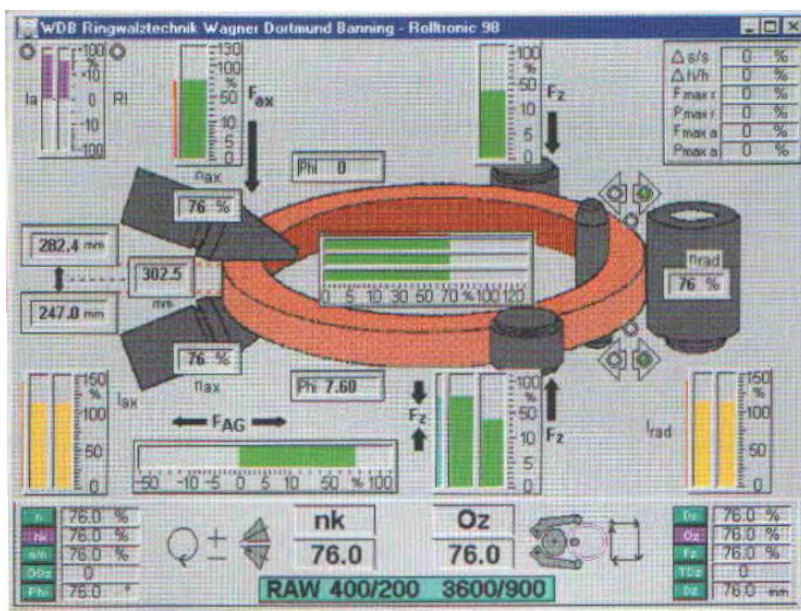


Рисунок 4 – Экран положения инструмента и заготовки

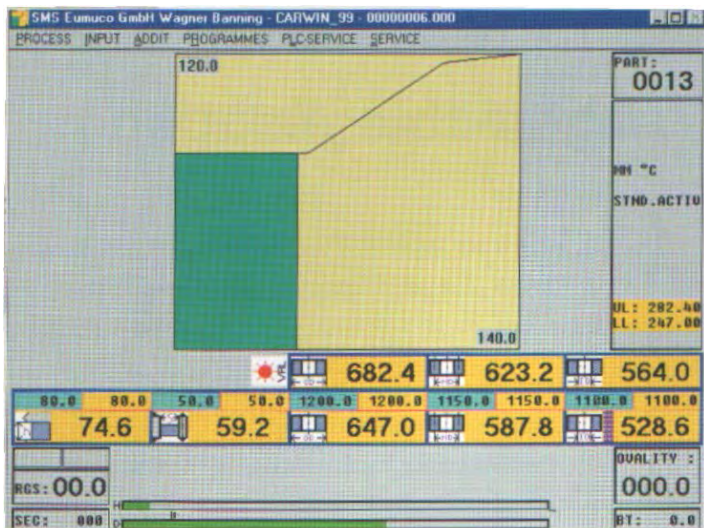


Рисунок 5 – Экран изменения сечения кольца и температурный режим

Оператор находится в отдельной кабине, где наблюдает за процессом раскатки на двух экранах (рисунок 6).



Рисунок 6 – Пульт управления

Для каждого кольца в зависимости от размеров штанги, материала, требуемого профиля и т.д. задается программа кольцераскатки, за исполнением которой может наблюдать оператор в реальном времени в процессе кольцераскатки. Обычно заранее рассчитываются и задаются границы протекания процесса кольцераскатки, однако оператор имеет возможность при необходимости корректировать процесс раскатки.

При раскатке колец прямоугольного сечения переналадка на другой тип кольца происходит оператором непосредственно с пульта управления и не требует дополнительного времени. При раскатке профильных колец необходима замена вертикальных роликов, для чего предусматриваются специальные устройства для сокращения времени на замену инструментов.

В таблице 1 приведены сравнительные показатели технологии изготовления кольцевых заготовок методом кольцераскатки по двум вариантам [2]:

с изготовлением колец только прямоугольного сечения без профилирования кольца и без переналадок кольцераскатной установки;

с изготовлением колец, максимально приближенных к окончательному контуру детали и соответственно с переналадками кольцераскатной установки.

По первому варианту упрощается обслуживание кольцераскатной установки, сокращается номенклатура инструмента, имеется возможность увеличить объем изготавливаемых колец. По этому варианту на изготовление годовой потребности в кольцах для белорусских предприятий будет использоваться примерно 9 тыс. т высоколегированной стали вместо 12 тыс. т по действующей технологии, коэффициент использования металла возрастет до 0,71 (вместо 0,60), стружки будет производиться 1,2 тыс. т вместо 4,3 тыс. т.

По второму варианту усложняется обслуживание кольцераскатной установки в связи с необходимостью замены профильных валков, увеличивается номенклатура профильных валков. По этому варианту на изготовление годовой потребности в кольцах для белорусских предприятий будет использоваться 8 тыс. т высоколегированной стали вместо 12 тыс. т, коэффициент использования металла станет равным 0,72 вместо 0,60, стружки будет производиться 1 тыс. т вместо 4,3 тыс. т по действующей технологии.

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели кольцераскатного комплекса

Параметры колец	Размерность	Всего по предприятиям Республики Беларусь	В том числе по предприятиям			
			БелАЗ	МПЗ	МТЗ	МАЗ, МЗКТ
1	2	3	4	5	6	7
Тип колец		профильные и непрофильные	профильные и непрофильные	профильные	непрофильные	непрофильные
Количество наименований		230	70	150	6	4
Количество наименований непрофильных колец (прямоугольный профиль)		60	50	–	6	4
Количество колец с наружным профилем		93	18	75	–	–
Количество колец с внутренним профилем		77	2	75	–	–
Материал колец			40, 45ХМА, 45ХН, 30ХН3А, 38Х2МЮА	ШХ15СГ, ШХ20СГ, 20Х2Н4А	45, 40Х, 38ХМЮА	60ПП, 20ХН3А, 12ХН3А
Тип заготовок		круг	круг	круг	круг	круг
Диаметр круга	мм	120–400	150–350 (400)	180–320	120–150	120–150
Высота заготовок из круга	мм	190–845	224–777	417–643	191–310	до 300
Масса заготовок из круга	кг	до 850	49–597	83–402	17–43	до 50

Окончание таблицы 1

1	2	3		4		5	6	7
Наружный диаметр колец	мм	200–2000		329–1815		549–851	273–603	до 600
Высота колец	мм	20–400		72–264		66–295	38–83	до 100
Масса колец	кг	до 800		44–569		77–390	15–39	до 50
Наружный диаметр детали	мм			320–1800		540–841	267–595	до 600
Высота детали	мм			61–248		58–287	30–97	до 100
Масса детали	кг			32–475		57–339	11–28	до 50
Годовая программа деталей	шт.	203,250		22,350		66,400	74,500	40,000
Суммарная масса на годовую программу	т	8,034		2,049		4,390	1,038	557
Варианты профиля заготовки кольца		непрофильные	непрофильные, профильные	непрофильные	непрофильные, профильные	профильные	непрофильные	непрофильные
Суммарная масса колец на годовую программу	т	10,452	10,372	2,640	2,560	5,627	1,422	763
Суммарная масса заготовок на годовую программу	т	11,274	11,178	2,796	2,700	6,038	1,588	852
Коэффициент использования металла		0,71	0,72	0,73	0,76	0,72	0,65	0,65

Однако по этому варианту уменьшается суммарный годовой выпуск заготовок в тоннах, увеличиваются затраты на инструмент, требуется дополнительный обслуживающий персонал для замены инструмента.

В качестве основных рекомендаций по выбору варианта изготовления колец следует руководствоваться тем, что изготовление профильных заготовок становится рентабельным при массовом производстве, при изготовлении малых серий целесообразнее использовать прямоугольный профиль заготовки кольца. В этом случае снижается коэффициент использования материала, однако стоимость непрофильной заготовки будет ниже стоимости профильной заготовки. В связи с этими требованиями для принятия окончательного решения по выбору варианта изготовления колец (профильные или непрофильные) необходима разработка технико-экономического обоснования для каждого конкретного типа колец.

Большую группу деталей типа колец представляют коронные шестерни планетарных передач, которые используют в мобильных машинах БелАЗ, МТЗ, МАЗ, МЗКТ, Амкодор. Так как планетарные передачи позволяют более эффективно использовать соотношение массы и мощности мобильных машин, то они получают все более широкое применение и стабильно увеличиваются объемы производства таких передач. Заготовки колец для коронных шестерен имеют формы, представленные на рисунке 7.

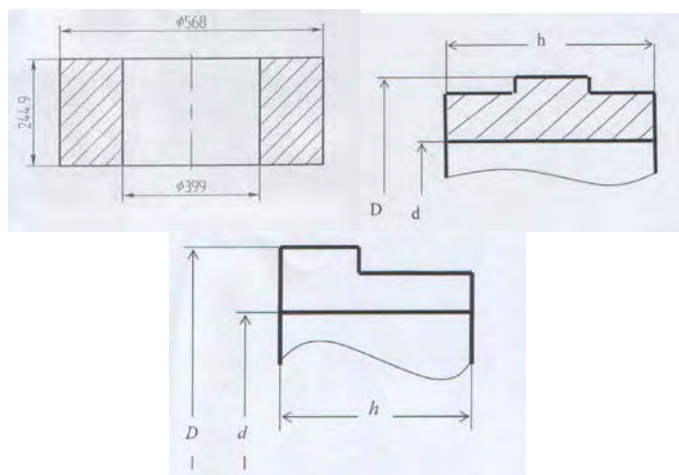


Рисунок 7 – Заготовки колец для коронных шестерен

Немаловажную роль при выборе кольцеракатного комплекса играет возможность получения профиля заготовки кольца, максимально приближенного к форме окончательной детали. Заготовки подшипников, изготавливаемых на Минском подшипниковом заводе и БелАЗе, по наружному диаметру достигают 900 мм (рисунок 8).

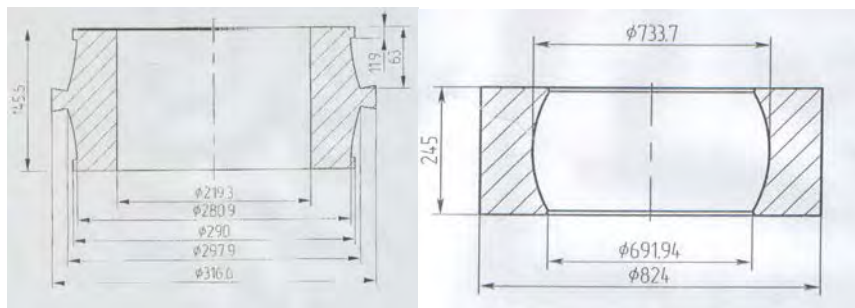


Рисунок 8 – Профили заготовок колец для подшипников

На рисунке 9 приведен вариант профиля обода колесного диска, используемого для карьерных самосвалов БелАЗа.

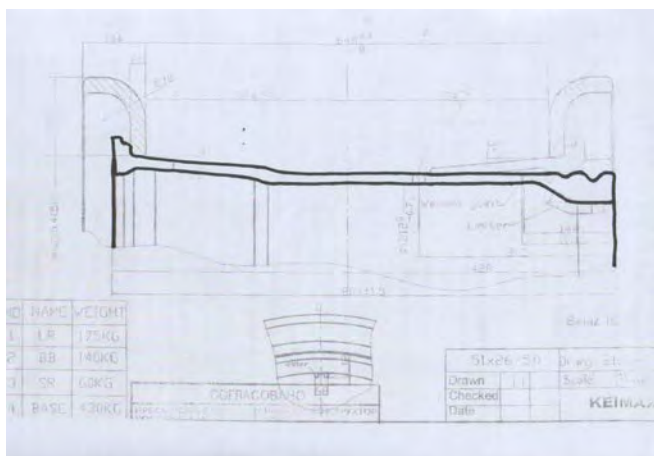


Рисунок 9 – Профиль обода колесного диска

Известным изготовителем кольцераскатных комплексов является немецкая фирма «SMS Meer GmbH» (Германия), которая предлагает кольцераскатные комплексы для колец диаметром от 160 до 8000 мм и массой от 40 до 20 000 кг [3–6]. Кольцераскатные машины и пресса для кольцераскатных комплексов предлагает фирма «Zhucheng Shengyang Machinery» (Китай), на которых можно изготавливать кольца с диаметрами от 350 до 8000 мм [7, 8]. Фирма «Kaltex» (Южная Корея) предлагает кольцераскатные машины для колец с диаметрами до 7000 мм и весом до 12000 кг [9]. Фирма «Mitsubishi» (Япония) изготавливает кольцераскатные машины и прессы для кольцераскатных комплексов для колец с наружными диаметрами до 4000 мм [10, 11]. Фирма «Anyang General Machinery Group» (Китай) предлагает кольцераскатные осевые машины для колец с диаметром до 3000 и радиально-осевые машины для колец с диаметром до 6300 мм [12, 13]. Фирма «Qingdao Qiyuan Forging Machine» (Китай) предлагает кольцераскатные осевые машины для колец с диаметром до 3000 и радиально-осевые машины для колец с диаметром до 5000 мм [14, 15]. Фирма «Rolex Rings» (Индия) может предложить кольцераскатную машину для массового производства колец массой до 80 кг, с диапазоном диаметров от 200 до 800 мм [16].

Выпускаемые этими фирмами кольцераскатные машины и кольцераскатные комплексы получили широкое применение во многих отраслях машиностроения.

На территории СНГ до настоящего времени работают кольцераскатные комплексы, поставленные фирмой «Wagner Banning Ringwalzen», входящей в настоящее время в корпорацию «SMS Meer GmbH». ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» до сих пор использует кольцераскатной стан RAW 160/125 фирмы «Wagner Dorthmund», на котором изготавливает раскатные кольца с наружным диаметром от 450 мм до 3500 мм, высотой от 60 до 500 мм и массой до 3500 кг. На Криворожском турбинном заводе «Констар» после модернизации продолжает работать кольцераскатный стан RAW 315/260, на котором можно изготавливать цельнокатаные кольца диаметром до 2000 мм, высотой до 300 мм, весом до 600 кг. В Нижнем Тагиле успешно работает поставленная в 2003 г. кольцераскатная линия ERWA 5000/9000/1250/5000.

Общий подъем в машиностроении сделал литье, поковки и штамповки востребованной продукцией [17]. В последние годы российские предприятия начали закупать новое кольцераскатное оборудование фирмы SMS Meer GmbH.

В 2008 г. на предприятии «Уральская кузница», г. Чебаркуль введен в эксплуатацию кольцераскатной комплекс RAW 200(250)/160(200)-3500/1000, который является первым купленным в России комплексом для производства крупных колец. Стоимость этого проекта составила более 11 млн. долларов США. На этом комплексе можно изготавливать кольца от 400 до 4200 мм по внешнему диаметру и от 60 до 1000 мм по высоте. Средняя производительность комплекса составляет 4 т/ч. На первом этапе освоения «Уральская кузница» выпускала лишь кольца квадратного и прямоугольного сечения, к настоящему времени освоено изготовление профильных колец. ОАО «Уральская кузница», входящее в металлургический дивизион «Мечел», специализируется на выпуске широкой номенклатуры металлических штамповок и в настоящее время поставляет продукцию на экспорт в США, Канаду, Словакию, Чехию [18].

В 2010 г. РОСПОЛИМЕТ в г. Кулебаки ввел в эксплуатацию кольцераскатную машину RAW 400(500)/400(500)-6000/1200, на которой можно изготавливать кольца диаметром до 6000 мм.

Преимущества от использования кольцераскатки выражаются в:

- повышении коэффициента использования материала,
- сокращении затрат на энергоносители для производства заготовок,
- сокращении затрат на механическую обработку деталей,
- повышении качественных свойств материала после кольцераскатки,
- простоте обслуживания,
- возможности получения колец с большим количеством разнообразных форм,
- сокращении численности работающих в тяжелых условиях труда (кузнечное производство с использованием молотов),
- создании рабочей среды с меньшим уровнем шума и вибраций,
- для белорусских предприятий в импортозамещении, так как ряд заготовок колец приобретает за рубежом.

Большую роль в повышении технико-экономических показателей является грамотная организация использования кольцераскатного комплекса.

Основной особенностью работы этих комплексов за рубежом является следующее:

- они представляют самостоятельные предприятия, работающие с множеством клиентов, имеют большую номенклатуру деталей, но небольшие количества деталей в заказываемых партиях;

- для обеспечения рентабельности кольцераскатные комплексы сориентированы на производство колец прямоугольного профиля, переход с одного типа кольца на другой при использовании прямоугольного профиля производится мгновенно за счет изменения компьютерной программы, поэтому кольцераскатной комплекс останавливается только для периодической смены непрофильных (гладких) роликов по мере их износа – примерно один раз в 2-3 месяца.

В качестве вариантов повышения производительности кольцераскатного комплекса при изготовлении профильных колец можно рассматривать такие как: увеличение партий профилированных колец и сокращение количества переналадок, но это зависит наличия у предприятия финансирования для закупки металла и складских помещений; организация работ по замене профильных роликов в 3-ю смену; заказ специальных средств по механизации замены профильных роликов. Кроме того, требуются складские помещения, организация хранения и транспортирования профильных роликов.

По ориентировочным расчетам эффект от использования кольцераскатного комплекса по номенклатуре белорусских предприятий будет в ежегодном сокращении потребления высоколегированных сталей на 2,5–3,0 тыс. т, пропорционально сократится производство стружки и энергоносителей, в денежном выражении годовой экономический эффект составит около 1,4 млн. евро.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных источников по методам получения кольцевых заготовок показывает также то, что для решения этой проблемы необходима не только закупка современного оборудования для кольцераскатки, но и отечественная разработка научных основ технологии кольцераскатки для выбора оптимального соотношения геометрических параметров и техноло-

гических режимов на всех стадиях получения кольцевой заготовки из различных марок материалов.

Выводы

1. В Республике Беларусь при изготовлении коронных шестерен современных планетарных передач, крупногабаритных подшипников для железнодорожного транспорта и карьерных самосвалов используются заготовки колец, получаемые по устаревшей технологии, что приводит к нерациональному использованию дорогих высоколегированных сталей и повышенным затратам на механическую обработку деталей.

2. На машиностроительных предприятиях республики не используется современное оборудование с ЧПУ для изготовления заготовок колец методом кольцераскатки. Применение этого метода и оборудования позволяет для номенклатуры колец белорусских заводов увеличить коэффициент использования металла с 0,6 до 0,71–0,76 и снизить годовую потребность в закупке высоколегированных сталей до 3 000 т.

3. В зависимости от возможностей использования для создания нового производства колец метода кольцераскатки уже имеющихся предприятий республики, окупаемость этого производства может составить 5-6 лет, при этом отпадает необходимость приобретения крупногабаритных заготовок из России и повышается конкурентоспособность белорусских подшипников и карьерных самосвалов.

Литература

1. **Degner, M.** Umformtechnik [Electronic resource]. M. Degner, C. Lackinger, P. Mauk. – Mode of access: www.stahl-online.de/VDEh/.../Umformtechnik_Wissen.pdf.

2. **Антонюк, В.Е.** Рынок не терпит остановок. Использование новой технологии кольцераскатки позволит белорусскому машиностроению выйти на новый уровень производства / В.Е. Антонюк, П.А. Пархомчик, В.В. Рудый // Техника, экономика, организация. – 2009. – № 4 (71). – С. 22-25.

3. **SMS Meer Group** [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.sms-meer.com/russisch/index2_r.html.

4. Комплексные технологические установки [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.sms-meer.com/russisch/produkte/index_r.html.

5. Кольцепрокатные станы «Wagner Banning» [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.sms-meer.com/russisch/produkte/ringwalzen/in-dex_r.html.

6. Гидравлические прессы [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.sms-meer.com/russisch/produkte/hydraulische-pressen/index_r.html.

7. Zhucheng Shengyang Machinery Co., Ltd. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.syjixie.com/en/Content.aspx>.

8. D53K Series of Radial & Axial CNC Ring Rolling Machine [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.syjixie.com/en/ProductD.aspx?pid=48>.

9. KALTEK [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.kaltek.co.kr/>

10. Ring Rolling Mill [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.mnm.co.jp/english/products/forging/ringrolling/ringmill.html>

11. Push-down type forging press [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.mnm.co.jp/english/products/forging/forging/push.html>

12. About us. Ring rolling machine from China OEM manufacturer [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.ringrollingmill.com/pages/company.htm>.

13. D53K Series of Radial & Axial CNC Ring Rolling Machine [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.ringrollingmill.com/pages/ring-rolling-machine-D53.htm>.

14. Company-Qingdao Qiyuan Forging Machine Co.Ltd (Qingdao Speed Reducer Factory) [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.qiyuanduanya.com/English/Company.asp>.

15. D53K radial and axial digital control ring rolling machine [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.qiyuanduanya.com/English/ProductView.asp?ID=31&SortID=6>.

16. Profiled Ring Rolling Machine [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.rolexrings.com/rolex-news1.html>.

17. Состояние и реализация инвестиционных программ в металлургическом комплексе. Координационный Совет по промышленной политике в металлургии, 9 ноября 2010 г. / Э.Л. Потапов,

Вице-президент НП Консорциум «Русская сталь» [Electronic resource]. – Mode of access: www.russtal.ru/files/PresentationKSPP.pdf.

18. Агапова, О. В ОАО «Уральская кузница» успешно завершён основной этап отработки технологии изготовления цельнокатаных колец [Electronic resource]. – Mode of access: www.chelindustry.ru.

УДК 669.04

С.В. КОРНЕЕВ, канд. техн. наук (БНТУ)

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ С ТРАНСПОРТИРУЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ ПЕЧЕЙ ЗАКАЛОЧНО-ОТПУСКНЫХ АГРЕГАТОВ

Выбор конструкции печи предполагает анализ технологичности изготовления печи и последующего обслуживания и факторов, обеспечивающих необходимые характеристики процесса нагрева. Тип печи определяется производительностью, периодичностью ее работы, а также графиком нагрева и видом садки.

Для закалочно-отпускных агрегатов характерна сквозная технология, т.е. заготовки после нагрева под закалку и охлаждения в закалочном баке автоматически поступают в отпускную печь. При этом способ перемещения заготовок (деталей) в данных печах определяется их формой и размерами. В этой связи наибольшее распространение получили агрегаты с толкательным и конвейерным приводом перемещения заготовок в печи. При возможности применения обоих типов перемещения предпочтение следует отдавать такому, который обеспечивает лучшие показатели работы, т.е. учитывать тепловые потери с устройствами перемещения (конвейерной лентой, поддонами и корзинами, роликами), удобство обслуживания и ремонта, надежность, занимаемую площадь и др. Наилучшим вариантом транспортирующих устройств в отношении тепловых потерь обладает толкательный способ перемещения заготовок по ручьям в подине, но данный способ не является универсальным, так как заготовки должны иметь цилиндрическую форму и определенные размеры.