

Заключение. 1. Мобильные приложения устройств связи для спектрального анализа шума по своим возможностям соответствуют характеристикам шумомеров-анализаторов спектра 1-го класса точности по ГОСТ 17187-2010.

2. Разработана методика оценки шумовых характеристик оборудования с использованием приложения «SPL Анализатор спектра звука».
3. Проведённые замеры шумов холостого хода станков D460 и КУСОН-3 показали принципиальную применимость методики для текущей оценки состояния оборудования и накопления информации в облачной системе.
4. Предложенная методика мобильного контроля шумовых характеристик оборудования может применяться в учебном процессе для повышения наглядности стандартной процедуры проверки, а также после доработки процедуры калибровки, в условиях производства для мониторинга фактического состояния станков и планирования ремонтов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет : К. В. Фролов (пред.) [и др.] – М. : Машиностроение. Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование. Т. IV – 7 / Б. И. Черпа-

- ков, О. И. Аверьянов, Г. А. Адоян [и др.]; под ред. Б. И. Черпакова. – 2-е изд., испр. – 2002. – 864 с., ил.
2. Определение эквивалентных уровней звуковой мощности металлорежущих станков в процессе их эксплуатации : методические рекомендации / Сост. М. П. Козочкин, В. Д. Кузнецов. – М. : ЭНИМС, 1983. – 27 с.
3. Григорьев, В. Ф. Мобильная проверка шумовых характеристик технологического оборудования / В. Ф. Григорьев, Ю. А. Дакало // Новые технологии и материалы, автоматизация производства : материалы. Междунар. науч.-техн. конф., Брест, 27–28 мая 2019 г. – Брест : Издательство БрГТУ, 2019. – С. 92–95.
4. Шумомер-вибромметр, анализатор спектра. ЭКОФИЗИКА-110А. Руководство по эксплуатации. ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ОКТАВА-ЭЛЕКТРОДИЗАЙН» ООО «ПКФ Цифровые приборы», 2011.
5. Металлорежущие станки : учеб. пособие для втузов / Н. С. Колев, Л. В. Красниченко, Н. С. Никулин [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 500 с., ил.

31.10.2019

GRIGORIEV V. F., DAKALO Y. A. Assessment of possibilities for using mobile communication devices to check the noise characteristics of technological equipment

Production noise of technological equipment is reflected by his technical state and determines the safe working conditions for personnel. The method of estimation of noise characteristics of the equipment using mobile communication devices is proposed. The conducted measurements of idling noise of machine of D460 and КУСОН-3 retined applicability of method after the finalizing of calibration procedure for machine condition monitoring and planning of repairs.

539.43: 621.982: 621.81

.

Введение. Кольцераскатка широко используются в автомобилестроении, авиационной, космической и петрохимической промышленности, при изготовлении крупногабаритных подшипников и специальных зубчатых колес. В таблице 1 представлена структура использования кольцераскатки в различных областях производства деталей и, как видно из таблицы, наибольшими потребителями продукции кольцераскатки являются автомобилестроение и транспортное машиностроение [1].

Таблица 1 – Структура использования деталей, изготовленных кольцераскаткой

Виды производств	Доля использования деталей, изготовленных кольцераскаткой, в %
Автомобилестроение	35
Транспортное машиностроение	30
Машиностроение	8
Энергетическое машиностроение	7
Химическая индустрия	2
Авиастроение	7
Спецпроизводство	7
Производство инструмента	2
Различные изделия	2
	100

Ассортимент деталей, изготавливаемых кольцераскаткой, непрерывно расширяется как по геометрическим параметрам, так и по применяемым материалам. К настоящему времени освоена кольцераскатка деталей с наружным диаметром до 15 м, высотой до 3,5

метров и массой до 30 тонн [2].

Процесс кольцераскатки заключается в деформировании кольца гладкими или профилированными валками с последовательным изменением наружного и внутреннего диаметров и высоты кольца. Деформирование кольца валками только в радиальном направлении называется радиальной кольцераскаткой. Деформирование кольца одновременно в радиальном и осевом направлениях называется радиально-осевой кольцераскаткой (рисунок 1).

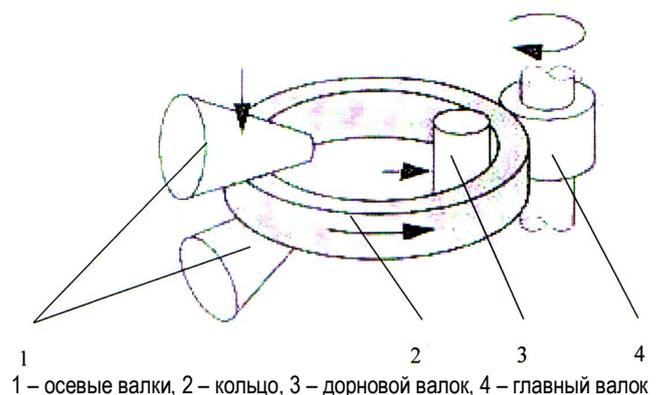


Рисунок 1 – Принципиальная схема радиально-осевой кольцераскатки

С использованием кольцераскатки изготавливаются детали, которые можно условно разделить на три принципиально отличающиеся группы (рисунок 2) – диски, фланцы и гильзы.

Антонюк Владимир Евгеньевич, д. т. н., главный научный сотрудник Объединенного института машиностроения НАН Беларуси. Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 12.

Яворский Владимир Васильевич, зам. главного металлурга Белорусского автомобильного завода. Беларусь, 222160, Минская область, г. Жодино, ул. 40 лет Октября, 4.

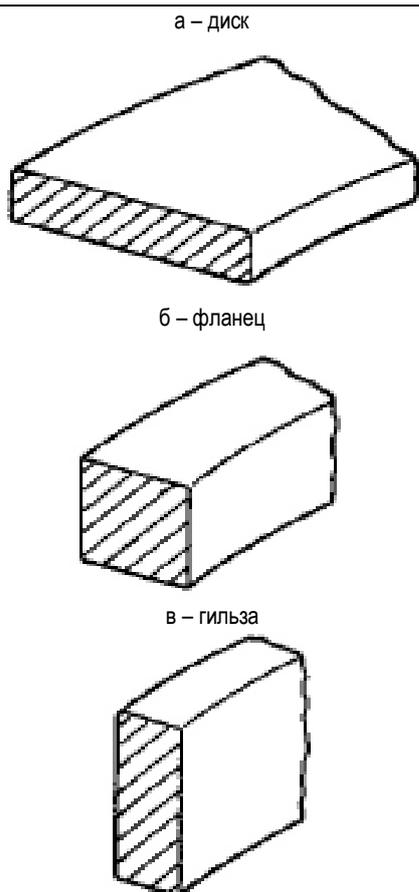


Рисунок 2 – Формы деталей, изготовленных кольцераскаткой

В основе процесса кольцераскатки лежит пластическое деформирование, и обязательным условием выполнения этой операции является соблюдение условий течения материала без образования трещин и внутренних напряжений [3–6].

Особенностью процесса кольцераскатки является объемное течение материала кольца в различных направлениях с ограничением этого течения соответствующим профилем инструмента. На достижение конечной точности и требуемого профиля кольца влияет большое количество факторов в разных сочетаниях, и решение задачи моделирования процесса кольцераскатки с учетом всех возможных факторов в общем виде пока не достигнуто. Вместе с тем накоплен большой производственный и экспериментальный опыт по проектированию технологии кольцераскатки.

Можно отметить основные факторы, на которые следует обращать внимание и учитывать при моделировании технологии кольцераскатки:

- при разработке схемы деформирования профиля кольца и выборе скоростей движения инструмента следует обеспечить максимально возможное сохранение контакта всего профиля инструмента с профилем кольца на всех стадиях процесса;
- следует учитывать различие температуры заготовки кольца в начале и конце процесса кольцераскатки и разброс температуры нагрева заготовки кольца, что приводит к изменению свойств пластичности материала кольца и действующих сил в процессе кольцераскатки;
- следует учитывать принципиальные отличия пластического деформирования колец различного профиля.

Условия пластического деформирования кольца различного профиля в процессе кольцераскатки определяются отношением высоты сечения кольца к ширине сечения, которое условно определяется как «кривая деформирования» кольца [7]. Для деталей типа диска и типа гильзы «кривая деформирования» представлена на рисунке 3 и, как видно из рисунка, существенно отличается для деталей типа дисков и типа гильзы.



а – детали типа гильзы, б – детали типа диска

Рисунок 3 – Кривые деформирования для гильзы и диска

Для проектирования технологии кольцераскатки для каждого конкретного кольца рассчитывается «кривая деформирования», определяются усилия на дорновых и осевых валках, задаются расчетные подачи и частоты вращения валков. С учетом возможных изменений свойств материала и режимов кольцераскатки определяются также возможные границы «кривой деформирования». Полученная информация является основанием для выбора параметров заготовительного пресса и кольцераскатной установки.

Учитывая высокую стоимость современного кольцераскатного комплекса, особое внимание уделяется оптимизации процесса кольцераскатки. Результатом оптимизации процесса кольцераскатки является достижение конечной формы кольца при минимальных затратах на поставку кольцераскатного комплекса и затратах на производство колец при максимальном коэффициенте использования материала.

Таким образом, выбор параметров кольцераскатного комплекса определяется специфической формой окончательно изготовленных колец, и одним из важнейших этапов разработки кольцераскатного комплекса является классификация деталей по геометрическим параметрам по типам «диск», «фланец» и «гильза». Удельный вес каждого из этого типа деталей в общей номенклатуре проектируемых под кольцераскатку деталей позволяет оптимально прогнозировать затраты на оборудование и технологию кольцераскатного комплекса.

Постановка задачи. В Беларуси изготавливается большое количество деталей, имеющих форму кольца: подшипники на Минском подшипниковом заводе, коронные шестерни планетарных передач на Минском тракторном, Минском автомобильном, Белорусском автомобильном заводах и Минском заводе колесных тягачей, специальные подшипники на Белорусском автомобильном заводе. К настоящему времени на Минском подшипниковом заводе введена в эксплуатацию кольцераскатная линия фирмы «MURARO S.p.A.» (Италия) с максимальным диаметром изготавливаемых колец до 600 мм, на Белорусском автомобильном заводе прорабатывается возможность закупки кольцераскатной линии с максимальным диаметром изготавливаемых колец до 3000 мм [8].

Можно прогнозировать, что в ближайшем будущем все изготавливаемые в Беларуси детали, имеющие форму колец, будут обрабатываться из заготовок, которые будут изготовлены методом кольцераскатки на современных кольцераскатных комплексах.

Для выбора оптимального соотношения стоимости изготовленного кольца и затрат на технологию кольцераскатки ставится задача разработки технологического классификатора для деталей, изготавливаемых кольцераскаткой, с последующей разработкой типовых процессов кольцераскатки для каждого типа колец из предложенного классификатора.

Классификатор колец при использовании технологии кольцераскатки. В настоящее время создана Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации [9], в которую входит классификатор продукции. Для общемашиностроительных деталей выделены классы 71...75, для которых в качестве основания деления использован признак «геометрической формы». В 71 классе классифицируются тела вращения типа колец, дисков, втулок, валов и т. д., которые делятся на подклассы по отношению наибольшего диаметра D к длине L . В подклассы 1 и 2 входят тела вращения с отношением L/D до 0,5, в подклассы 3 и 4 тела вращения с отношением L/D от 0,5 до 2 и в подклассы 5 и 6 тела вращения с отношением L/D свыше 2.

Таблица 2 – Рекомендуемые соотношения геометрических параметров деталей, изготовленных кольцераскаткой

Тип кольца	Эскиз кольца	Соотношение d/D	Соотношение h/D	Соотношение S/h
Диск		0,45...0,65	0,03...0,06	1,3...4,0
Фланец		0,65...0,80	0,07...0,20	0,8...1,2
Гильза		0,81...0,95	0,21...0,50	0,2...0,7

При разработке классификатора колец при использовании процесса кольцераскатки были использованы рекомендации для классификации тел вращения в 71 классе по соотношению наибольшего диаметра D к длине L .

В работе [10] предлагается классификация колец с разделением на детали типа колец, фланцев и плоских шайб по отношению наибольшего диаметра D к высоте h при использовании программного обеспечения ROLLTECH.

Однако классификации деталей, изготавливаемых с использованием кольцераскатки, по соотношению наибольшего диаметра D к длине L недостаточно. Для более подробного описания геометрических параметров деталей, изготавливаемых с использованием кольцераскатки, предлагается использовать отношение внутреннего диаметра к наружному d/D , отношение высоты к наружному диаметру h/D , а также отношение ширины к высоте S/h . С учетом предложенных отношений были разработаны рекомендуемые соотношения геометрических параметров деталей, изготавливаемых с использованием процесса кольцераскатки, для классификации по типу «диск», «фланец» и «гильза», которые приведены в таблице 2.

Анализ предложенных соотношений для номенклатуры различных колец показал, что лучшее совпадение результатов оценки детали типа «кольцо», получается по отношению высоты к наружному диаметру h/D и отношению ширины к высоте S/h . С учетом того, что «кривая деформирования» кольца при кольцераскатке определяются отношением высоты сечения кольца к ширине сечения, в качестве наиболее рекомендуемого параметра для классификации колец

по типу «гильза», «фланец» и «диск» рекомендуется использовать отношение ширины сечения кольца к высоте сечения S/h .

Проверка использования предложенного классификатора применительно к номенклатуре колец Белорусского автомобильного завода. На основании предложенного классификатора была выполнена оценка номенклатуры планируемых с изготовлением кольцераскатки деталей, которая составляет 100 наименований с наружным диаметром от 350 до 3000 мм, высотой от 20 до 400 мм и шириной от 20 до 280 мм.

В качестве рекомендуемого параметра для классификации колец по типу «гильза», «фланец» и «диск» использовалось отношение ширины сечения кольца к высоте сечения S/h . В таблице 3 приведены удельные соотношения колец по типам «гильза», «диск» и «фланец» в общей программе производства колец.

Таблица 3 – Удельные соотношения колец по типам «гильза», «диск» и «фланец» в общей программе производства колец Белорусского автомобильного завода

Типы колец	Программа, шт.	Удельный вес в программе, %	Удельный вес в номенклатуре, %
гильза	27545	54,6	51
диск	14389	28,5	31
фланец	8532	16,9	18

По результатам проведенной классификации можно сделать выводы о том, что в номенклатуре колец Белорусского автомобиль-

ного завода, планируемых к производству с использованием кольце-раскатки, наибольшую часть составляют детали типа гильз, которые и будут определять параметры кольце-раскатного комплекса.

Заключение. Предложена классификация колец с разбивкой по типам «гильза», «фланец» и «диск» по соотношениям наружный диаметр, внутренний диаметр, высота и ширина кольца. В качестве рекомендуемого параметра для классификации колец по типу «гильза», «фланец» и «диск» предлагается использовать отношение ширины сечения кольца к высоте сечения S/h . Классификатор колец предлагается к использованию при проектировании технологических процессов кольце-раскатки и выборе основных параметров кольце-раскатного комплекса. Анализ номенклатуры колец для проектируемого кольце-раскатного комплекса на основе предложенного классификатора позволяет выделить удельное соотношение основных типов колец и использовать эту информацию для выбора параметров пресса и кольце-раскатной установки.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ringwalzwerk // [Electronic resource]. – Mode of access: <http://de.wikipedia.org/wiki/Ringwalzwerk>. – Date of access: 07.01.2013.
2. Koppers U. Grösste Ringwalzmaschine weltweit RAW 2500-1000 / SYMPOSIUM RINGWALZEN 2012 // SMS Meer Ring- und Raderwalzen, Witten. – 2012. – 59s.
3. Ковка и штамповка. Справочник. – Т. 2. Горячая штамповка / Под ред. Е. И. Семенова. – М.: Машиностроение, 1986. – 692 с.
4. Целиков, А. И. Теория прокатки. Справочник / А. И. Целиков [и др.]. – М.: Metallurgiya, 1982. – 335 с.
5. Groche, P. Inkrementelle Massivumformung / P. Groche, D. Fritsche // Werkstattstechnik. – 2005. – № 10. – S. 798–802.
6. Doege, E. Handbuch Umformtechnik / E. Doege, B.-A. Behrens. – Springer Verlag, 2007. – 913 s.
7. Technologiehandbuch Radial-Axial-Ringwalzmaschine / Thyssen Maschinenbau GmbH. – Wagner Dortmund, 1990. – 105 s.
8. Пархомчик, П. А. Особенности использования кольце-раскатного комплекса в производстве деталей ОАО «БелАЗ» / П. А. Пархомчик [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения. – Выпуск 1.2012. – С. 354–357.
9. Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации // [Electronic resource]. – Mode of access: <https://metro-logiya.ru/index.php?action=full&id=130>. – Date of access: 08.10.2019.
10. Technologie-Software ROLLTECH Wagner Banning Ringwalzen. – SMS Meer. – 8 s.

13.12.2019

ANTONYUK V. E., YAVORSKY V. V. Development of a ring classifier using the ring rolling process

A classification of rings with a breakdown by type of sleeve, flange and disk according to the ratios of outer diameter, inner diameter, height and width of the ring is proposed. The ring classifier is proposed for use in the design of ring rolling processes and in the selection of the main parameters of the ring rolling complex. Analysis of the nomenclature of rings for the designed ring-rolling complex on the basis of the proposed classifier allows us to identify the specific ratio of the main types of rings and use this information to select the parameters of the press and ring-rolling unit.

621.791.72

Введение. Машины и механизмы, используемые современной промышленностью, в большинстве случаев предполагают наличие высоких скоростей и нагрузок. Поэтому постоянно растет потребность в высокоизносостойких материалах. Пределы упрочнения однокомпонентных материалов в настоящее время уже близки к исчерпанию. По этой причине возрастает роль композиционных материалов, позволяющих значительно увеличить износостойкость, в том числе композиционных упрочняющих покрытий. Особенно высокие физико-механические свойства показывает такой вид композиционных покрытий, как мультимодальные покрытия [1, 2]. Модой считается значение какого-либо признака (размера частиц упрочняющей фазы, величины пористости, вида материала), которые встречаются наиболее часто. Если имеют место несколько значений какого-либо признака, имеющие одинаковую частоту повторения, то покрытие является мультимодальным (бимодальным).

Лазерная наплавка позволяет наносить валики небольших размеров, поперечные сечения которых сравнимы с размером лазерного пятна на поверхности наплавки, при этом тепловой вклад в прилегающие области покрытия минимален. Кроме того, при лазерной наплавке перемешивание материала наплавляемых валиков с материалом подложки и с материалом соседних валиков может поддерживаться достаточно низким, наплавленные валики имеют прочное сцепление

между собой и подложкой, диапазон технологических параметров лазерной обработки весьма большой, соответственно параметры нанесения покрытия могут выбираться в достаточно больших пределах [3].

Поэтому лазерная наплавка позволяет создавать мультимодальные покрытия, которые могут наноситься в один, два и более слоев. При этом существует реальная возможность заранее проектировать расположение мод из различных материалов в таком покрытии и, соответственно, придавать покрытиям заранее заданные свойства. Нанесение мультимодальных покрытий требует использования координатных систем с числовым программным управлением для осуществления укладки наплавочных валиков в определенном порядке с достаточной точностью.

Материалы, методики, оборудование. Реализация технологии нанесения мультимодальных покрытий методом лазерной наплавки требует понимания процессов, влияющих на формирование физико-механических свойств материалов валиков из компонентов мультимодального покрытия. В статье исследуется распределение микротвердости в двухслойном (3D) мультимодальном покрытии, нанесенном послойно с чередованием валиков из самофлюсующегося сплава на основе никеля ПГ-12Н-01 с валиками из бронзы ПГ-19М-01 в каждом слое. Химический состав исходных порошков приведен в таблице 1.

Девойно Олег Георгиевич, д. т. н., проф., зав. ОНИЛ плазменных и лазерных технологий Белорусского национального технического университета.

Кардаполова Маргарита Анатольевна, к. т. н., доцент, вед. н. с. ОНИЛ плазменных и лазерных технологий Белорусского национального технического университета.

Луцко Николай Иванович, науч. сотр. ОНИЛ плазменных и лазерных технологий Белорусского национального технического университета.

Лепковский Александр Сергеевич, науч. сотр. ОНИЛ плазменных и лазерных технологий Белорусского национального технического университета.

Беларусь, 222160, Минская область, г. Жодино, ул. 40 лет Октября, 4.