

Машинобудування і зварювальне виробництво

corresponding initial and boundary conditions. At the same time, the heat transfer coefficient and its distribution along the length of the ingot in the secondary cooling zone are of great importance, as well as the value of the bottling rate and the costs of the coolers. In solving the heat equation, boundary conditions of the third kind were adopted with the corresponding values of the coefficients of heat conductivity and heat transfer.

The model made assumptions arising from the physical features of the task:

- the temperature regime is considered constant;*
- the speed of the ingot is constant;*
- heat transfer along the ingot does not occur from a small change in temperature along*
- ingot;*
- the main heat transfer is in the plane of the cross section of the ingot;*
- the thermal conductivity of solid and liquid steel is considered the same.*

In the simulation, various types of distribution of heat transfer coefficients, previously proposed by various authors, were used. As a result of the simulation, the distributions are determined that most realistically reflects the cooling and crystallization of the ingot along the entire length of the secondary cooling zone.

Keywords: *Continuous casting machine (CCM), secondary cooling zone (SCZ), crystallization, solidification, mathematical modeling, temperature field, heat transfer coefficient.*

Рецензент – канд. техн. наук, доц., О. І. Сімкін

Стаття надійшла 07.11.2019

УДК 621.923

Юрчишин О. Я., Охрименко А. А., Рассохин Д. А., Костик Е. А., Клочко А. А.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОТОЧНЫХ, ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ, КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗУБЧАТЫХ РЕЕК ОТВЕТСТВЕННЫХ РЕЕЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

В статье приведен морфологический анализ конструкторских, технологических параметров, способов достижения прочностных свойств высокоточных, тяжело нагруженных, крупногабаритных зубчатых реек ответственных реечных передач и классифицирован на три группы. Морфологический анализ причин выхода из строя зубчатых реек показал, что в 90 % разрушение реек начинается с поверхностного слоя по причине появления микротрещин, абразивного износа, выкрашивания активных поверхностей зубьев, отслаивания поверхностного слоя зубьев, прогрессирующего заедания, пластических деформаций зубьев. Разрушение поверхностного слоя зубчатых реек является следствием низкого качества активной поверхности зубьев и точности изготовления по причине недостаточного изучения влияния технологических методов обработки на износостойкость зубчатых реек при эксплуатации с учетом выполнения технологического процесса газового азотирования, борирования и поверхностного упрочнения. Определены оценочные значения уровней входного качества для верхней и нижней границ контролируемых размерных параметров. Общее оценочное значение уровня входного качества определяется их суммой. По результатам расчетов построен график распределения коэффициента применяемости реек. Технологическое обеспечение параметров точности и показателей качества поверхностного слоя зубчатых реек предоставляет широкие возможности в обеспечении требуемых параметров, определяющих эксплуатационные свойства реек.

Машинобудування і зварювальне виробництво

Морфологический анализ конструкторских, технологических параметров, способов достижения прочностных свойств высокоточных, тяжелонагруженных, крупногабаритных зубчатых реек определил основные пути по установлению единых требований обеспечения точностных параметров, устранению заеданий реечных зацеплений, взаимосвязи параметров состояния поверхностного слоя зубчатых реек, комплексно определяющих эксплуатационные свойства с условиями их механической и термической обработки.

Ключевые слова: морфологический анализ, конструкторские, технологические параметры, зубчатые рейки, разрушение рейки, оценочные значения уровней входного качества, технологическое обеспечение параметров точности

Вступление. Высокоточные, тяжелонагруженные, крупногабаритные зубчатые рейки, изготавливаемые для тяжелого станкостроения, заводах горнорудного машиностроения, металлургического комплекса, которые являются типичными представителями деталей этого класса, были систематизированы на основе изучения рабочих чертежей зубчатых реек высокоточных тяжелых токарных станков с ЧПУ, скоростных шахтных лифтов, прокатных станов и приведены в табл. 1 [1, 2, 5].

Морфологический анализ причин выхода из строя зубчатых реек. В табл.1 представлена разработанная классификация, включающая 10 признаков-показателей, по которым оценивается зубчатая рейка в целом.

Морфологический анализ конструкторско-технологических параметров высокоточных, тяжелонагруженных, крупногабаритных зубчатых реек классифицирован на три группы. В первую из них (1-4) входят абсолютные признаки, характеризующие зубчатую рейку в целом, во вторую (5-8), характеризующие зубчатую рейку по точностным параметрам и определяющую выбор технологических параметров обработки, в третью (9-10) входят общие признаки структурного построения технологического процесса обработки зубчатых реек.

Признаки-показатели второй группы (5-8) характеризуют технологическое и метрологическое обеспечение для высокопроизводительной обработки зубчатых реек с обеспечением требуемой точности и качества поверхностного слоя.

Шероховатость (6) и твердость (10) рабочих поверхностей зубьев реек определяют выбор характеристики инструмента и значений технологических параметров обработки. Отклонения формы (1, 2) и допуски размеров (3, 4) таблицы 1.2 позволяют произвести расчет припуска под окончательную обработку [3, 4, 6].

Конструкторско-технологические требования к зубчатым рейкам представленные на рис. 1 отвечают служебному назначению реечных передач и соответствуют классификационным признакам-показателям базовых поверхностей зубчатых реек, приведенным в табл. 1.

Технология обработки зубчатых реек, в основном, ограничивалась рассмотрением методов и условий осуществления окончательной операции, завершающей технологический процесс. Таким образом, исключалась возможность влияния результатов предшествующих операций технологического комплекса на износостойкость готовых деталей в процессе эксплуатации [6, 7 10].

Примером обработки зубчатых реек может служить маршрутная технология детали-представителя рейки 8 степени точности, которая представлена в табл. 2.

Машинобудування і зварювальне виробництво

Таблица 1 – Классификационные признаки - показатели зубчатых реек

Наименование признаков-показателей	Значение признаков-показателей зубчатых реек			
Модуль (m), мм	1-4	5-8	10-16	18-20
Ширина (B), мм	до 40	до 80	до 120	до 200
Высота (H), мм	до 30	до 60	до 80	до 180
Длина (L), мм	до 350	до 700	до 1000	до 1500
Зазор в стыке реек, мм	0,2-2,0	0,5-3,0	0,5-4,0	1,5-5,0
Параметр шероховатости (R_a) боковых поверхностей зубчатых реек, мм	Для степени точности ГОСТ 10242-81 [1] 6 В - 0,8 мкм; 7-В 1,6 мкм; 8-В-3,2 мкм; 9-12 В - 6,3мкм			
Отклонение от перпендикулярности смежных базовых поверхностей А и Б	Для степени точности ГОСТ 10242-81 6 В - 10 мкм; 7-В – 20 мкм; 8-В – 30 мкм; 9-12 В– 60 мкм			
Отклонение от плоскостности базовых поверхностей А и Б на длине рейки	Для степени точности ГОСТ 10242-81 6 В - 10 мкм; 7-В – 15 мкм; 8-В – 20 мкм; 9-12 В - 40 мкм			
Материал зубчатых реек	Сталь АЦ40Х; 40Х; 45, 38Х2МЮА			
Твердость, НВ	200-240 / 280-320 / 350-400			

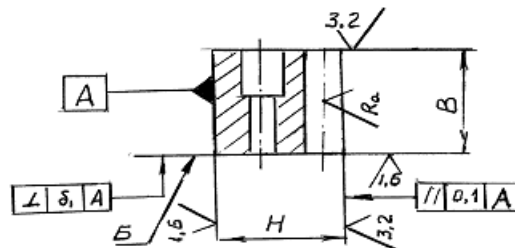


Рисунок 1 – Конструкторско-технологические требования к зубчатым рейка
ГОСТ 10242-81

Технология обработки зубчатых реек, в основном, ограничивалась рассмотрением методов и условий осуществления окончательной операции, завершающей технологический процесс. Таким образом, исключалась возможность влияния результатов предшествующих операций технологического комплекса на износостойкость готовых деталей в процессе эксплуатации[6, 7 10].

Примером обработки зубчатых реек может служить маршрутная технология детали-представителя рейки 8 степени точности, которая представлена в табл. 2.

По своему служебному назначению рейка узла перемещения суппорта тяжелого токарно-винторезного станка с ЧПУ модели 1К670Ф3 изготавливаемая степени точности 8-В ГОСТ 10242-81 модулем 10 мм, сечением $B \times H = 100 \times 80$ мм, длиной $L=800$ мм должна соответствовать 7 степени точности ГОСТ 10242-81 [1, 2, 12]., но в существовавших технологических условиях не могла быть обеспечена из-за отсутствия технологических возможностей достижения, требуемых точности и параметров состояния поверхностного слоя рейки.

Оперативное время предварительного и окончательного формообразования зубчатых реек составляет соответственно 22,4 % и 17,04 % в общем оперативном времени обработки рейки и в сравнении с другими операциями может быть охарактеризовано как довольно

Машинобудування і зварювальне виробництво

значительное. Резервом повышения производительности могут служить также и технологические операции подготовки базовых поверхностей, которые имеют повышенные припуска на обработку по причине значительных деформаций после выполнения термостабилизирующих операций.

Таблица 2 – Технология изготовления зубчатых реек

Содержание технологических операций	Оперативное время, мин		Доля оперативного времени, %
	Основное	Вспомогательное	
Заготовительная: отрезная поковка	24	6	3,95
Вертикально-фрезерная: подготовка технологических баз	48	12	7,85
Маркировочная	2	1	0,40
Термообработка	180/20шт.		1,30
Вертикально-фрезерная: подготовка технологических баз для предварительного формообразования зубьев	28	10	5,01
Слесарная	5	3	1,05
Маркировочная	2	1	0,40
Рейкофрезерная предварительная 1-я	145	25	22,40
Слесарная, разметка, радиально-сверлильная	25	10	4,60
Термостабилизация в свободном состоянии	160/8шт.		3,03
Отрезная: подрезка торцев	20	8	3,69
Плоскошлифовальная: Предварительная шлифовка базовых поверхностей	38	15	6,99
Рейкофрезерная окончательная	94	25	17,04
Слесарная, маркировочная	8	3	1,45
Продольно-строгальная	18	8	3,43
Плоскошлифовальная: Окончательная шлифовка базовых поверхностей на роликах	45	15	7,85
Окончательный контроль зубчатой рейки размера по ролику М _{АТ}	42	18	7,90
Консервация	8	3	1,45
Итого:	581	177	100 %

Анализ точности обработки зубчатых реек произведен с учетом положений ГОСТ 20736-75.

Количественными признаками являются точность размеров и отклонения формы зубчатых реек, полученных при обработке данных 150 предприятий изготавливающих и применяемых зубчатые рейки.

Машинобудування і зварювальне виробництво

Сформирована выборка из зубчатых реек на основании полученных данных по геометрическим признакам и параметрам точности. Объем выборки $n=50$ штук. Код объема выборки - А. Такой объем выборки соответствует объему партии от 1301 до 3200 штук для IV степени контроля и объему партии от 501 до 1300 штук для V степени контроля. Выборка сформирована случайным образом и охватывает зубчатые рейки в количестве 900 шт.

За величину модуля рейки и поперечного сечения принимается половина разности между наибольшим и наименьшим модулем и сечением рейки. За величину отклонения параметров точности принимается половина разности между наибольшим и наименьшим отклонением параметров точности.

Рассматриваемый случай статистического контроля параметров зубчатых реек в машиностроении по количественным признакам характеризуется следующим образом:

для параметров точности - две заданные границы, среднее квадратическое отклонение неизвестно и оценивается по среднему размаху η_{cp} ; для отклонений формы и модуля одна заданная граница, среднее квадратическое отклонение неизвестно и оценивается по среднему размаху.

Для определения среднего размаха выборку, в которой результаты измерения расположены в порядке их получения, разбивают на подгруппы по пять результатов измерений в каждой.

В каждой подгруппе определяют ее размах как разность между максимальным и минимальным значениями контролируемого параметра в подгруппе. Средний размах выборки R определяют, как среднее арифметическое значений размахов подгрупп рассматриваемой выборки.

Определяют величины $C(u-x)IR$ и $C(x-L)IR$. Здесь u - верхняя граница контролируемого параметра; L - нижняя граница контролируемого параметра. Коэффициент C определяют по таблице [2] в зависимости от кода объема выборки L и объема выборки n .

Затем по таблице [2] определяют оценочные значения уровней входного качества q_u и q_L для верхней и нижней границ контролируемого параметра соответственно. Общее оценочное значение уровня входного качества равно их сумме. По результатам расчетов построен график (рис. 2) распределения коэффициента применяемости реек.

Статистический анализ параметров зубчатых реек (табл. 1) в машиностроении показал, что 40 % реек применяются степени точности 7В ГОСТ 10242-81 [1, 9, 11], сечением от 60x80 до 80x120 мм, модулем 8-12 мм, 30 % реек применяются степени точности 8В, сечением от 30x40 до 60x80 мм, модулем 4-10 мм, 20 % реек применяются степени точности 9В, сечением от 60x80 до 120x160 мм, модулем 10-20 мм, 5 % реек применяются степени точности 8В, сечением от 10x30 до 40x60 мм, модулем 1-6 мм.

Морфологический анализ причин выхода из строя зубчатых реек показал, что в 90 % разрушение реек начинается с поверхностного слоя по причине появления микротрещин, абразивного износа, выкрашивания активных поверхностей зубьев, отслаивания поверхностного слоя зубьев, прогрессирующего заедания, пластических деформаций зубьев [3]. Разрушение поверхностного слоя зубчатых реек является следствием низкого качества активной поверхности зубьев и точности изготовления по причине недостаточного изучения влияния технологических методов обработки на износостойкость зубчатых реек при эксплуатации. Вследствие внезапности появления поломка является весьма, опасным видом разрушения. В подавляющем большинстве случаев она носит усталостный характер [4, 12], поскольку каждый зуб входит в зацепление периодически, кроме этого в процессе зацепления меняется плечо приложения силы, т. е. изменяется величина изгибающего момента.

Машинобудування і зварювальне виробництво

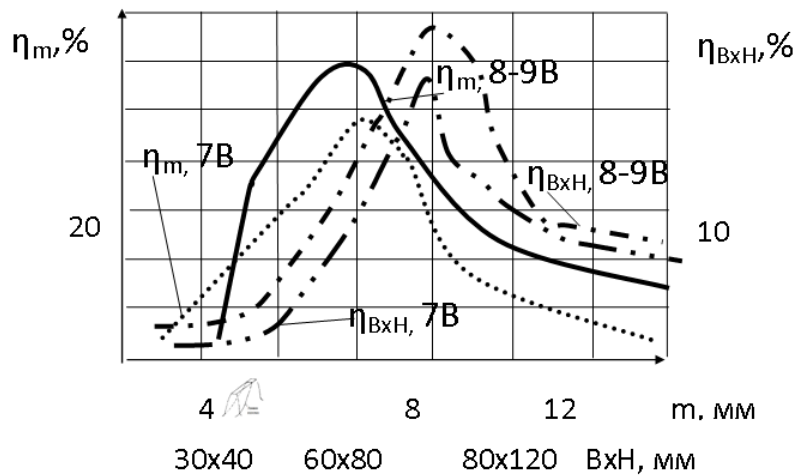


Рисунок 2 – Розподілення коефіцієнта призначення рейок

Напряження при изгибе, превышающие предел выносливости, вызывают появление микротрещин, которые возникают в зоне максимальной концентрации напряжений обычно в месте перехода зубьев в основание зубчатой рейки. Появившиеся микротрещины при дальнейшей работе передачи распространяются в глубь зуба по нормали к переходной кривой (рис. 3). Поломка зубьев наиболее часто встречается у зубчатых реек с высокой твердостью активных поверхностей зубьев ($H > HB 350$) [6, 11]. В зубчатых рейках с твердостями активных поверхностей зубьев $H = HB 176...240$ поломки встречаются значительно реже, поскольку в этом случае, как правило, предельная нагрузочная способность зубьев определяется не изгибной, а контактной прочностью их активных поверхностей.

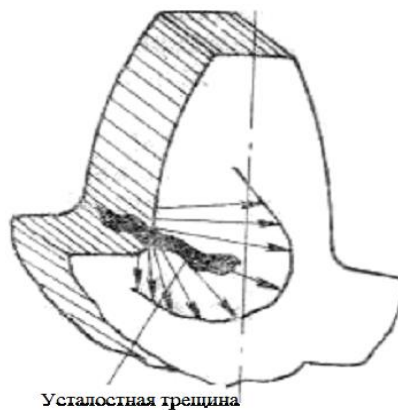


Рисунок 3 – Образование трещины

Причинами поломок зубьев реек могут оказаться возникшие в процессе эксплуатации перегрузки отдельных участков зубьев вследствие наличия неравномерности распределения нагрузки по ширине зубчатой рейки из-за перекоса оси сопрягаемого зубчатого колеса, вызванного увеличением люфтов в подшипниках и посадочных соединениях, деформации осей и самих колес, состояния поверхностного слоя, полученного различными технологическими способами обработки, способствующими образованию микротрещин [7, 8].

Машинобудування і зварювальне виробництво

При изломе зубьев косозубых реек трещина появляется в торцевой поверхности рейки у основания зуба (рис. 4) и распространяется по длине зуба наклонно к его вершине. Особенно проявление излома зубьев наблюдается у реечных передач с люфтовывбиранием, когда в паре с зубчатой рейкой зацепляются два зубчатых колеса, одно из которых является ведущим, а второе создает противоположный крутящий момент вращения с целью исключения появления зазоров при перемещении рабочих исполнительных органов [9, 10 11].

Увеличение изгибной прочности может быть достигнуто за счет повышения качества поверхностного слоя, увеличения площади опасного сечения, увеличения радиуса кривизны переходных кривых у основания зуба с целью уменьшения величины местных напряжений; повышения механических характеристик материала зубчатых реек; применения механических, термических и химико-термических методов упрочнения поверхностей зубьев в зоне действия максимальных напряжений; увеличения точности изготовления и монтажа передач, что существенно снижает динамические нагрузки.



Рисунок 4 – Излом зубьев косозубых реек

Выкрашивание связано с усталостными явлениями в поверхностном слое вследствие действия переменных по величине контактных напряжений, под которыми понимаются напряжения, возникающие в зоне контакта при начальном линейном или точечном касании тел, находящихся под действием сжимающей нагрузки. На поверхностях контакта зубьев в результате действия переменных контактных напряжений в поверхностном слое возникают усталостные трещины, последующее развитие которых приводит к отделению частиц металла [3, 6].

При наклонном расположении контактных линий выкрашивание, начинающееся на ножках зубьев может не вызвать нарушения правильности зацепления, так как головки зубьев по-прежнему остаются работоспособными, воспринимая большую часть нагрузки. В связи с этим при эксплуатации косозубых реечных передач можно допускать выкрашивание ножек зубьев. Передачу с косозубыми рейками следует считать вышедшей из строя, если выкрашивание распространилось и на головки зубьев. Повышение сопротивляемости зубьев выкрашиванию может быть достигнуто за счет упрочнения активных поверхностей зубьев, увеличением точности изготовления зубчатых реек и монтажа передачи.

Абразивный износ заключается в истирании активных поверхностей зубьев, существенно зависящем от величины удельного давления, относительной скорости скольжения, состояния активных поверхностей зубьев, возможности попадания в передачу абразивных частиц. Наличие износа вызывает искажение профиля зуба и может привести к существенному ослаблению ножки зуба. Искажение профилей вызывает возрастание динамических нагрузок и напряжений у основания зуба, а также снижение изгибной прочности зубьев.

Существенное влияние на износ оказывает шероховатость рабочих поверхностей зубьев [12]. Если микронеровности на активных поверхностях зубьев превышают толщину

Машинобудування і зварювальне виробництво

масляного слоя, то происходит непосредственное соприкосновение активных поверхностей зубьев. По мере сглаживания поверхностей зубьев износ уменьшается и может совсем прекратиться. Продолжительность приработочного износа существенно зависит от твердости активных поверхностей зубьев.

В зоне контакта, где материал подвергается сильному всестороннему сжатию, возникают пластические деформации зубьев. Силы трения вызывают перемещение поверхностных слоев материала в направлении вектора скорости скольжения. При этом на поверхности ведущих зубьев вблизи полюсной линии образуется - впадина, на поверхности ведомых зубьев реек - выступ. Особенно значительные пластические деформации имеют место у зубчатых реек, выполненных из материалов с невысокой твердостью активных поверхностей зубьев [4, 7].

С целью повышения пластических деформаций рекомендуется увеличение твердости поверхностей зубьев и способность поверхностных слоев профилей зубчатых реек сопротивляться взаимному перемещению при действии нагрузок при эксплуатации с учетом выполнения технологического процесса газового азотирования, борирования и поверхностного упрочнения.

Вид разрушения – заедание, заключается в том, что при определенных условиях (высокое давление, несоответствующий выбор параметров состояния поверхностного слоя зубчатых реек в зависимости от условий их обработки, большие скорости скольжения) между отдельными участками соприкасающихся поверхностей образуется металлическое соединение - схватывание. Последующее относительное движение поверхностей приводит к разрушению мест соединения. При более высоких удельных давлениях происходит более интенсивное схватывание и вызываемое им разрушение. При особо неблагоприятных условиях возможно появление значительного числа зон схватывания, что приводит к сильному повреждению контактирующих поверхностей. Заедание различают ограниченное и прогрессирующее. Ограниченное заедание может быть у неприработавшихся передач, возможно и при небольших нагрузках. По мере приработки передачи заедание прекращается, а состояние поверхностей может даже улучшиться. Если же заедание не прекращается, а продолжает развиваться даже при оптимальном контакте зубьев, то оно называется прогрессирующим. В этом случае вследствие повышения температуры разрушение активных поверхностей может происходить весьма быстро [3, 9].

ВЫВОДЫ

Морфологический анализ конструкторских, технологических параметров, способов достижения прочностных свойств высокоточных, тяжелонагруженных, крупногабаритных зубчатых реек определил основные пути по установлению единых требований обеспечения точностных параметров, устранению заеданий реечных зацеплений, взаимосвязи параметров состояния поверхностного слоя зубчатых реек, комплексно определяющих эксплуатационные свойства с условиями их механической и термической обработки.

Технологическое обеспечение параметров точности и показателей качества поверхностного слоя зубчатых реек предоставляет широкие возможности в обеспечении требуемых параметров, определяющих эксплуатационные свойства реек.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 10242-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые реечные. Допуски. – Взамен ГОСТ 10242-73; введ. 1982–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 30 с.

Машинобудування і зварювальне виробництво

2. Технологічне забезпечення підвищення параметрів точності та якості зубчастих рейок важких верстатів з ЧПК / *О. А. Пермяков [та ін.]* // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» = Bulletin of the National Technical University «KhPI»: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків, 2018. – № 6 (1282). – С. 72–77. – (Серія: Технології в машинобудуванні = Series: Techniques in a machine industry)

3. Анализ параметров поверхностного слоя закаленных крупномодульных зубчатых колес, характеризующих их эксплуатационные свойства / *Е. В. Мироненко, А. А. Клочко, А. Д. Кошелева, И. Г. Годзула* // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем: сб. науч. тр. – Краматорск, 2012. – Вып. 31. – С. 118–131.

4. Обобщенная модель технологического процесса формообразования цилиндрических закаленных крупномодульных зубчатых колес / *А. Н. Шелковой [и др.]* // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем: сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2012. – Вып. 31. – С. 235–250.

5. Технология машиностроения: в 2 кн. Кн. 2: Производство деталей машин: учебное пособие для вузов / *Э. Л. Жуков [и др.]*; ред. С. Л. Мурашкин. – М.: Высш. школа, 2003. – 295 с.

6. Информационное моделирование технологических процессов зубообработки закаленных крупномодульных зубчатых колес / *Е. В. Мироненко, А. А. Клочко, А. Д. Кошелева, И. Г. Годзула* // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем: сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2012. – Вып. 32. – С. 351–358.

7. Зубчатые передачи: справочник / *Е. Г. Гинзбург, Н. Ф. Голованов, Н. Б. Фирун, Н. Т. Халевский*; под ред. *Е. Г. Гинзбурга*. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980. – 416 с.

8. Технологические основы зубообработки закаленных крупномодульных зубчатых колес: монография / *А. А. Клочко [и др.]*. – Краматорск: ДГМА, 2014. – 479 с.

9. Шелковой, А. Имитационное моделирование в задачах механосборочного производства / *А. Шелковой, А. Клочко, Е. Набока*. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 528 с.

10. *Калашников, А. С.* Технология изготовления зубчатых колес / *А. С. Калашников*. – М.: Машиностроение, 2004. – 480 с.

11. *Пермяков, О. А.* Синтез технологічних параметрів високопродуктивної обробки зубчастих рейок спареними фрезами / *О. А. Пермяков, О. О. Клочко, Ю. О. Синица* // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків, 2017. – № 17 (1239). – С. 71–77. – (Серія: Технології в машинобудуванні)

12. Клочко, А. А. Повышение надежности зубчатых передач тяжелых токарных станков путем моделирование процесса формообразования состояния поверхностного слоя крупномодульных закаленных зубчатых колес / *А. А. Клочко, В. А. Чмырь* // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем: сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2014. – Вып. 35. – С. 48–54.

Юрчишин О. Я., Охріменко О. А., Рассохін Д. О., Костик К. О., Клочко О. О.

МОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИСОКОТОЧНИХ, ВАЖКО НАВАНТАЖЕНИХ, ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ЗУБЧАТИХ РЕЙОК ВІДПОВІДАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ ПЕРЕДАЧ

У статті наведено морфологічний аналіз конструкторських, технологічних параметрів, способів досягнення міцності властивостей високоточних, важко

Машинобудування і зварювальне виробництво

навантажених, великогабаритних зубчастих рейок відповідальних рейкових передач і класифікований на три групи. Морфологічний аналіз причин виходу з ладу зубчастих рейок показав, що в 90 % руйнування рейок починається з поверхневого шару через появу мікротріщин, абразивного зносу, викришування активних поверхонь зубів, відшаровування поверхневого шару зубів, прогресуючого заїдання, пластичних деформацій зубів. Руйнування поверхневого шару зубчастих рейок є наслідком низької якості активної поверхні зубів і точності виготовлення по причині недостатнього вивчення впливу технологічних методів обробки на зносостійкість зубчастих рейок при експлуатації з урахуванням виконання технологічного процесу газового азотування, борировання і поверхневого зміцнення. Визначено оціночні значення рівнів вхідного якості для верхньої і нижньої меж контрольованих розмірних параметрів. Загальна оцінка значення рівня вхідного якості визначається їх сумою. За результатами розрахунків побудований графік розподілу коефіцієнта вживаності реї. Технологічне забезпечення параметрів точності і показників якості поверхневого шару зубчастих рейок надає широкі можливості в забезпеченні необхідних параметрів, що визначають експлуатаційні властивості рейок.

Морфологічний аналіз конструкторських, технологічних параметрів, способів досягнення міцності властивостей високоточних, важко навантажених, великогабаритних зубчастих рейок визначив основні шляхи щодо встановлення єдиних вимог забезпечення точностних параметрів, усунення заїдань рейкових зачеплень, взаємозв'язку параметрів стану поверхневого шару зубчастих рейок, комплексно визначають експлуатаційні властивості з умовами їх механічної і термічної обробки.

Ключові слова: морфологічний аналіз, конструкторські, технологічні параметри, зубчасті рейки, руйнування рейок, оціночні значення рівнів вхідного якості, технологічне забезпечення параметрів точності

Yurchishin O. Ya., Okhrimenko A. A., Rassokhin D. A., Kostyk E. A., Klochko A. A.

MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF HIGH-PRECISION, HEAVY-LOADED, LARGE-SIZED GEARBARS OF RESPONSIBLE RACING GEARS

The article provides a morphological analysis of design, technological parameters, methods for achieving the strength properties of high-precision, heavy-loaded, large-sized gear racks of critical rack gears and is classified into three groups. A morphological analysis of the causes of failure of the gear racks showed that in 90 % of the destruction of the racks begins with the surface layer due to the appearance of microcracks, abrasion, chipping of the active surfaces of the teeth, peeling of the surface of the teeth, progressive seizing, plastic deformations of the teeth. Destruction of the surface layer of the gear racks is a consequence of the low quality of the active tooth surface and manufacturing accuracy due to insufficient study of the influence of technological processing methods the wear resistance of gear racks during operation, taking into account the implementation of the process of gas nitriding, boronation and surface hardening. Estimated values of input quality levels for the upper and lower boundaries of the controlled dimensional parameters are determined. The total estimated value of the input quality level is determined by their sum. According to the results of the calculations, a graph of the distribution of the coefficient of applicability of ree is constructed. Technological support of accuracy parameters and quality indicators of the surface layer of gear racks provides ample opportunities in providing the required parameters that determine the operational properties of racks.

A morphological analysis of design, technological parameters, methods of achieving the strength properties of high-precision, heavy-loaded, large-sized gear racks determined the main

Машинобудування і зварювальне виробництво

ways to establish common requirements for ensuring accuracy parameters, eliminate jamming of rack gears, the relationship of the state parameters of the surface layer of gear racks, which comprehensively determine the operational properties with the conditions of their mechanical and heat treatment.

Keywords: *morphological analysis, design, technological parameters, gear racks, rack destruction, estimated values of input quality levels, technological support of accuracy parameters the gear rim, and for creating a profile modification wheel specified by the drawing.*

Рецензент: проф., докт. техн. наук Добротворський С.С.
Стаття поступила

УДК 621.791.037

Роянов В. А., Коросташевский П. В., Захарова И. В., Соловьёв М. В., Фадеев А. А.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ КУЗОВОВ ПОЛУВАГОНОВ В КРУПНОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Рассмотрены основные технологические процессы сборки и сварки кузовов полувагонов в крупносерийном производстве (с выпуском сварных конструкций массой 10 – 12 тонн в количестве более 5 тыс. шт. в год). Проанализированы особенности модульной конструкции кузовов различных типов полувагонов и сборки кузовов из основных узлов (модулей): рам, боковых и торцевых стен. Рассмотрены варианты сборки кузовов в специальных стендах поточно-механизированных линий с использованием гидроприжимов с различными схемами их включения.

Проанализированы способы сварки, используемые для сварки основных швов кузовов полувагонов и применяемое при этом оборудование, в том числе, специальные кантователи кузовов. Выявлены проблемные вопросы сборки и сварки кузовов полувагонов и выработаны практические рекомендации по совершенствованию технологических процессов и оборудования для их реализации.

Ключевые слова: *полувагон, кузов полувагона, модульная конструкция, сборка кузова, стенд сборки кузова, гидроприжимы, сварка кузова полувагона специальные кантователи для сварки, сварочный трактор.*

Постановка проблемы. Полувагоны (вагоны без крыши) являются одним из основных типов подвижного состава железнодорожного транспорта, занимающего в странах СНГ ведущее положение. На железнодорожном транспорте преобладают грузовые перевозки, при этом доля перевозок различных грузов в полувагонах составляет порядка 50% от общего объема. В первую очередь полувагоны используются для перевозки массовых насыпных («навалочных») грузов (угля, руд, рудных концентратов, щебня и т. п.), металлопроката, крупногабаритных грузов не требующих защиты от атмосферных осадков. Погрузка и разгрузка полувагонов осуществляются механизированными способами при минимальных простоях, что также обуславливает их широкое применение и постоянный спрос на этот тип подвижного состава [1]. В силу вышеизложенных факторов изготовление полувагонов осуществляется на высокомеханизированном оборудовании вагоностроительных предприятий с крупносерийным типом производства 5 тыс. штук и более в год (при массе кузова – боковых стен с рамой 10 – 12 тонн). При этом сборка кузовов и их последующая сварка выполняется на специальных стендах оснащённых