

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЯГОВЫХ ОРГАНОВ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ТЯЖЕЛО НАГРУЖЕННЫХ ЗУБЧАТО- РЕЕЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

*Лукиенко Л.В.*

*Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого,  
Тула, Россия*

**Ключевые слова:** методы изготовления, тяговые органы, зубчато-реечные передачи.

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос обоснования методов изготовления тяговых органов крупномодульных тяжело нагруженных зубчато-реечных передач. Проведён конструктивный анализ зубчатых и цевочных тяговых органов. Показаны сложности неизбежного термического воздействия на материал рейки при изготовлении. Обосновано, что применяемые технологии весьма трудоёмки и могут быть использованы в мелкосерийном производстве.

## SUBSTANTIATION OF METHODS FOR MANUFACTURING TRACTION ORGANS OF LARGE-MODULE HEAVY-LOADED RACK AND PINION GEARS

*Lukienko L.V.*

*Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula, Russia*

**Keywords:** manufacturing methods, traction organs, rack and pinion gears.

**Abstract.** The article considers the issue of substantiation of methods for manufacturing traction organs of large-module heavily loaded rack and pinion gears. A constructive analysis of the gear and tine traction organs was carried out. The difficulties of the inevitable thermal effect on the rail material during manufacture are shown. It is proved that the applied technologies are very labor-intensive and can be used in small-scale production

Для перемещения тяжело нагруженных технологических машин (очистные комбайны, стволопроходческие комплексы, подъёмные установки, шлюзные ворота, напорные механизмы экскаваторов) находят применение крупномодульные (от 31,85 мм до 47,746мм) зубчатые колёса. При их изготовлении возникают немалые проблемы, связанные с недостатком оборудования. Одним из практически реализуемых решений является переход на технологичный радиусный профиль зацепления (двигатели зубчато-реечных систем перемещения очистных комбайнов) и применение станков с числовым программным управлением. Для работы механизмов перемещения тяжело нагруженных технологических машин, кроме колеса необходима рейка, жёстко закреплённая на неподвижных направляющих. Обкатываясь по рейке, колесо обеспечивает движение рабочей машины в необходимом направлении.

При проектировании реечных тяговых органов для перемещения очистных комбайнов конструкторам приходится решать сложную

многофакторную задачу, при решении которой вопрос технологичности изготовления зачастую уходит на второй план. Между тем, именно этот вопрос играет первостепенную роль при организации производства разработанной конструкции. Поэтому, целью данной работы было провести качественную оценку нескольких конструктивных вариантов зубчато-реечных движителей органов очистных комбайнов с точки зрения технологичности их изготовления и разработка рекомендаций по применению наиболее технологичного способа изготовления.

Аналізу были подвергнуты движители конструкции Гипроуглемаша и Подмосковского НИУИ – всего три конструкторских варианта.

Рейка комбайнового движителя РКД (шаг зацепления 138 мм, угол зацепления 8°) выполненная из полосы проката толщиной 60 мм из стали 35ХГСА, из которой плазменной резкой сформирована секция зубчатой рейки длиной 1500 мм, оснащённая по краям крепёжными отверстиями. Из секций рейки монтируют реечный став посредством последовательного соединения с помощью П-образных проушин, закреплённых на навесном оборудовании скребкового конвейера.

Секция рейки фиксируется от осевого смещения при эксплуатации при помощи пальцевых фиксаторов, снабженных шплинтами. Таким образом, затраты на механическую обработку звена рейки РКД минимальны.

Особенностью стали 35ХГСА является повышенная чувствительность к концентраторам напряжения: детали из этих сталей работают надёжно только в том случае, если приняты все меры к уменьшению концентраторов напряжения, водородной хрупкости, устранению склонности к замедленному разрушению. Кроме того, предел выносливости этой стали зависит от предела прочности, причём, с повышением предела прочности уменьшается предел выносливости высокопрочных сталей. Изготовление реечного звена осуществляется методом плазменной резки из полосы соответствующего размера, позволяющей получить одновременным раскроем за один ход плазмотрона несколько заготовок звеньев, при незначительных потерях отходов в основном в виде расплавленного металла.

Применение плазменной резки при высокой плотности и мощности излучения позволяет обеспечить высокопроизводительную интенсивную технологию резки путём нагрева металла до точки плавления и его выдувания из зоны резания, что позволяет получать высокое качество поверхности реза. Причем ширина реза, составляющая порядка 2мм, практически не зависит от рода металла и уменьшается с увеличением скорости резки. Параметр шероховатости поверхности реза  $R_z < 40$  мкм, причем при резке толстолистовых сталей величина  $R_z$  верхней кромки почти не зависит от толщины металла, тогда как у нижней кромки величина  $R_z$  доходит до 80мм. Поэтому для получения высококачественной поверхности реза приходится заранее отрабатывать технологическую подвижность руки манипулятора, доводя её до оптимальных значений для выбранного материала и его толщины. Этот факт не снижает достоинств процесса изготовления звеньев рейки в условиях

мелкосерийного производства, позволяя значительно экономить расход конструкционного материала. После вырезки заготовка подвергается улучшению когда структура состоит из продуктов распада мартенсита, что дает эффект сочетания высших прочностных и пластичных свойств металла рейки, а, следовательно, её высокие эксплуатационные показатели.

Рейка ЗБСП (шаг зацепления 100мм, диаметр цевок 50мм), разработки Подмосквовного НИУИ, нашла достаточно широкое распространение на шахтах России и стран СНГ для перемещения лёгких очистных комбайнов. Она состоит из двухполосной направляющей угловой конструкции специального профиля, которая при работе воспринимает силу тяжести перемещаемого комбайна. В вертикальных бортах этих направляющих выполнен ряд отверстий с шагом 100мм, в которых закрепляются полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа цилиндрические цевки рейки. Нижний пояс, рассматриваемой угловой конструкции усилен полосой металла по всей длине рейки для восприятия усилия подачи очистного комбайна, закреплённой на корпусе сваркой. Кроме того, короткая полка угловой направляющей подвергается с рабочей стороны плазменной закалке на глубину 1-2мм до HRC 70-40 при  $R_z$  320. Цилиндрические отверстия, выполненные по краям направляющей угловой конструкции, предназначены для соединения секций между собой при сборе речного става.

Общая длина речного става, сформированного из цевочных рек 2УКПК (шаг зацепления 100мм, диаметр цевок 50мм, материал цевок – сталь 40Х), предназначенных для перемещения тяжёлых очистных комбайнов, формируется из отдельных звеньев, скреплённых между собой замком специальной конструкции, который закреплён на навесном оборудовании скребкового конвейера. Звено рейки 2УКПК изготовлено из двух полос, соединённых между собой в две параллельные направляющие, расстояние между которыми и параллельность обеспечивается мерными по длине и короткими по ширине пластинами, а жесткость наружной направляющей – продольной пластиной приваренной перпендикулярно по нижнему поясу и снабженной двумя ребрами жесткости в виде треугольных косынок. Противоположная (внутренняя) направляющая усилена гнутым профилем в виде тупого уголка, одной стороной приваренного непосредственно к направляющей. Пальцы рейки установлены в гнезда направляющих и зафиксированы сваркой.

Для соединения звеньев в общую рейку сконструирован замок, снабженный двумя пальцами, закреплёнными в направляющих и двумя отверстиями, для связи со стыкуемыми звеньями. Внутренняя часть замка имеет пластину жесткости, снабженную четырьмя ребрами с отверстиями для центровки с отклонением от соосности не более 0.5мм. Противоположная, наружная полка замка снабжена полосой жесткости в два раза больше толщины и имеющей сложную фигуру контура, к которой с внешней стороны приварена одна центрирующая втулка, также достаточно сложной формы и закрепляемая сваркой в строго определённом положении относительно

базовой детали. Пальцы замка представляют собой ступенчатый валик с буртами для фиксации направляющих и связанных с ними сваркой.

Для реек ЗБСП и 2УКПК, где используется электродуговая сварка в защитных газах и ручная электродуговая покрытым электродом, имеет место наличие достаточно широкой зоны термического влияния сварного шва. Это способствует появлению сварочных деформаций и напряжений во время процесса производства самих работ, и, что особенно существенно, после полного остывания соединения. Кроме того, температурные поля оказывают непосредственное влияние на металлургические процессы при сварке, что сказывается на прочности. Поэтому сварку высокопрочных сталей следует сопровождать предварительным, сопутствующим и последующим подогревом свариваемых деталей для получения более надёжного соединения столь ответственной конструкции рейки.

Говоря об изготовлении каркасной сварной металлоконструкции не следует забывать о том, что при её сборке необходимо обеспечивать симметрию и взаимные перпендикулярность и параллельность полок и стенок, прижатие деталей друг к другу и последующие закрепление прихватами, а затем контрольную операцию и только потом окончательную сварку всей конструкции. Для фиксации заготовок при сборке сварных коробчатых конструкций приходится использовать сборочные кондукторы специального назначения.

При производстве реек ЗБСП и 2УКПК требуется изготовление нескольких специальных конструкций кондукторов и ступеней, что существенным образом удорожает стоимость конечного продукта и снижает его технологичность.

Звено зубчатой рейки 8БСП, изготовлено из стали 25 ГСРД, методом пластического деформирования. Причём направляющие и зубья выполнены как единое целое. Перегородки между зубьями, в виде технологического напуска приходится выфрезеровывать для придания заготовке рабочей формы.

Проведённый конструктивный анализ позволяет сделать вывод о том, что наиболее технологичной является последняя рассмотренная конструкция. К её основным достоинствам можно отнести: рейка формируется методом проката с соблюдением требуемой параллельности направляющих формой самого инструмента. Зубья являются единым целым с направляющими и благодаря особенностям деформационной структуры самого металла в местах соединения зуба с направляющей, обеспечивается эксплуатационная надёжность крепления. Легированная сталь 25ГСРД относится к хорошо деформируемым в горячем состоянии и хорошо сваривающимся материалам. Сама гребёнка после пластического деформирования требует минимум механической обработки со снятием стружки. Да и необходимость в удалении перегородок фрезерованием может быть заменена вырубкой на ковочном молоте.

Таким образом, конструкция рейки 8БСП имеет ряд преимуществ с технологической точки зрения перед рейками РКД, ЗБСП и 2УКПК, обладает гораздо меньшей себестоимостью, а процесс её изготовления может быть максимально механизирован, что позволит обеспечить наибольшую производительность труда.

### Список литературы

1. Кондрахин В.П., Косарев В.В., Стадник Н.И. Электрические механизмы перемещения очистных комбайнов. – Донецк: Технопарк ДонНТУ УНИТЕХ, 2010. – 257 с.
2. Горбатов П.А. Горные машины для подземной добычи угля. – Донецк: Норд Компьютер, 2006. – 669 с.
3. Мирошниченко О.А. Технологическое обеспечение элементов колёсно-реечных движителей: дисс. – Донецк: ДонНТУ, 2010.
4. Стационарные и тормозные режимы работы бесцепных систем перемещения очистных комбайнов / В.А. Бреннер, К.А. Головин, Т.В. Ковалёва, Л.В. Лукиенко, А.Е. Пушкарёв. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. – 220с.

### References

1. Kondrakhin V.P., Kosarev V.V., Stadnik N.I. Electric mechanisms for moving shearer loaders. – Donetsk: Technopark DonNTU UNITECH, 2010. – 257 p.
2. Gorbato P.A. Mining machines for underground coal mining. – Donetsk: Nord Computer, 2006. – 669 p.
3. Miroshnichenko O.A. Technological support of elements of wheel-rack haulage systems: diss. – Donetsk: DonNTU, 2010.
4. Stationary and braking modes of operation of chainless haulage systems for moving shearer loaders / V.A. Brenner, K.A. Golovin, T.V. Kovaleva, L.V. Lukienko, A.E. Pushkarev. – Tula: TulSU Publishing House, 2007. – 220 p.

<b>Лукиенко Леонид Викторович</b> – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой	<b>Lukienko Leonid Viktorovich</b> – doctor of technical sciences, associate professor, head of the department
lukienko_lv@mail.ru	

*Received 13.02.2022*