

ИННОВАЦИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ
ПРОМЫШЛЕННОМ И ЛАБОРАТОРНОМ
ОБОРУДОВАНИИ, ТЕХНОЛОГИЯХ И МАТЕРИАЛАХ

INNOVATION IN METALLURGICAL
INDUSTRIAL AND LABORATORY EQUIPMENT,
TECHNOLOGIES AND MATERIALS



УДК 621.891

DOI 10.17073/0368-0797-2024-6-731-734



Краткое сообщение
Short Report

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ВОЛОЧИЛЬНОГО СТАНА

А. Г. Никитин¹, А. Р. Фастыковский¹, С. П. Герасимов²

¹ Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

² АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (Россия, 654043, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ш. Космическое, 16)

✉ nikitin1601@yandex.ru

Аннотация. В сообщении рассматривается назначение волочильных станов и возможные нарушения технологического процесса, связанные с недостатками конструкции привода волочильного барабана. Проведен анализ конструкции планетарного редуктора с общим водилом, используемым в приводе протягивающего барабана волочильного стана. В процессе работы такой передачи возникают недостатки: из-за неуравновешенности звеньев механизма относительно центральной оси возникают дополнительные динамические силы. Такая конструкция передает движение от ведущего звена на водило лишь через один сателлит, зубья которого воспринимают всю силу, передаваемую крутящим моментом, что снижает надежность редуктора и привода в целом. Описана конструкция трехсателлитного уравновешенного самоустанавливающегося планетарного редуктора, свободного от указанных недостатков.

Ключевые слова: волочильный стан, привод, планетарный редуктор, крутящий момент, динамическая сила, водило, сателлит, надежность

Для цитирования: Никитин А.Г., Фастыковский А.Р., Герасимов С.П. Совершенствование работы волочильного стана. *Известия вузов. Черная металлургия*. 2024;67(6):731–734. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2024-6-731-734>

IMPROVING OPERATION OF A DRAWING MILL

A. G. Nikitin¹, A. R. Fastyskovskii¹, S. P. Gerasimov²

¹ Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

² JSC EVRAZ Joint West Siberian Metallurgical Plant (16 Kosmicheskoe Route, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

✉ nikitin1601@yandex.ru

Abstract. The report considers the purpose of drawing mills and possible violations of the technological process associated with the design flaws of drawing mill drive. We analyzed the design of a planetary gearbox with a common carrier used in the drive of the stretching drum of a drawing mill. During the operation of such a transmission, there are disadvantages: due to the imbalance of links of the mechanism relative to the central axis, additional dynamic forces arise. This design transmits movement from the leading link to the carrier only through one satellite, the teeth of which perceive all the force transmitted by the torque, which reduces the reliability of the gearbox and the drive as a whole. The design of a three-satellite balanced self-aligning planetary gearbox, free from these disadvantages, is described.

Keywords: drawing mill, drive, planetary gearbox, torque, dynamic force, carrier, satellite, reliability

For citation: Nikitin A.G., Fastyskovskii A.R., Gerasimov S.P. Improving operation of a drawing mill. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2024;67(6): 731–734. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2024-6-731-734>

Волочение является четвертым переделом металлургического производства. Волочением изготавливают холоднотянутые изделия в виде проволоки, фасонных профилей и труб. Процесс заключается в том, что исходная заготовка под воздействием тянущей силы

принудительно протягивается через сужающийся канал волочильного инструмента (волоки), при этом поперечное сечение протянутого изделия уменьшается, принимая форму выходного отверстия. Волоки изготавливают с высокой точностью из карбидвольфрамовых твердых

сплавов. Процесс волочения реализуется в холодном состоянии при обязательном использовании смазки. Во многом стабильность процесса волочения, качество готовой продукции, количество брака зависят от характера приложения внешней силы, необходимой для осуществления процесса волочения. Внешнюю силу обеспечивает барабан волочильного стана, приводимый в движение обычно электродвигателем через цилиндрический редуктор. Система привода барабана оказывает существенное влияние на условия трения в волоке, стабильность приложения нагрузки в момент разгона и установившегося процесса, что в целом определяет реализуемость процесса волочения [1; 2].

В настоящее время волочением получают проволоку, трубы небольшого диаметра, некоторые виды специальных профилей. В качестве оборудования используется волочильный стан, основными узлами которого являются волока и протягивающий барабан, вращение на который от электродвигателя передается через редуктор [3; 4].

В результате анализа работы волочильного стана АЗТМ ВН 2-550 сталеπροкатного цеха АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (АО «ЕВРАЗ ЗСМК») выявлено, что для повышения его эксплуатационного ресурса и, соответственно, увеличения производительности необходимо провести модернизацию, заключающуюся в замене используемого привода в составе двух конических шестерен, цилиндрического редуктора и ременной передачи на трехсателлитный планетарный редуктор МПО-1М-10-5,74-7,5/250 [5].

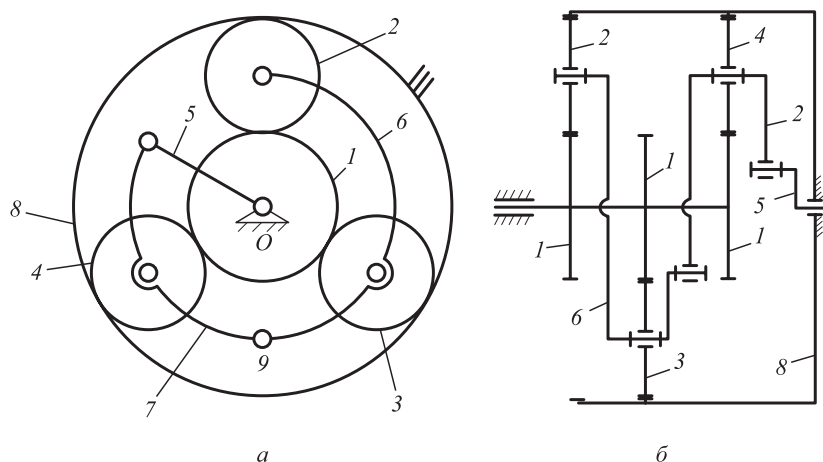
Однако установленный при модернизации привода волочильного стана трехсателлитный планетарный

редуктор с общим водилом имеет существенные недостатки: неуравновешенность звеньев передачи относительно центральной оси приводит к возникновению дополнительных динамических сил, а также такая конструкция передает движение от ведущего звена на водило лишь через один сателлит, зубья которого воспринимают всю силу, передаваемую крутящим моментом [6; 7]. Это снижает надежность редуктора и привода в целом. Выявленные недостатки не позволили устранить такие технологические проблемы, как сокращение времени перехода с профиля на профиль, плавность разгона до установившейся скорости волочения, уменьшение количества обрывов.

С целью устранения данных недостатков в Сибирском государственном индустриальном университете разработана конструкция трехсателлитной уравновешенной самоустанавливающейся планетарной передачи [8] (см. рисунок).

Трехсателлитная планетарная передача содержит центральное входное ведущее зубчатое колесо 1, сателлиты 2 – 4, выходное звено (водило) 5, трехпарные шарнирные рычаги 6, 7 и неподвижное центральное колесо с внутренними зубьями 8, относительно которого осуществляется движение. Так как центры масс трехпарных шарнирных рычагов располагаются на осях соединяемых ими сателлитов, система становится уравновешенной, за счет чего уменьшаются динамические силы, действующие в зубчатых зацеплениях.

Трехсателлитная уравновешенная планетарная передача работает следующим образом: при передаче вращения от электродвигателя центральному колесу 1 движение от него передается на все сателлиты равномерно через трехпарные шарнирные рычаги (шатуны) 6 и 7,



Общий вид (а) и кинематическая схема (б) уравновешенной трехсателлитной планетарной передачи:

1 – центральное входное ведущее колесо; 2 – 4 – сателлиты; 5 – выходное звено (водило);
6, 7 – трехпарные шарнирные рычаги, которые пятью шарнирами соединены с сателлитами 2 – 4 и с водилом 5;
8 – центральное колесо с внутренними зубьями; 9 – дополнительный шарнир

General view (a) and kinematic scheme (b) of a balanced three-satellite planetary transmission:

1 – central input drive wheel; 2 – 4 – satellites; 5 – output link (carrier);
6, 7 – three-pair articulated levers, which are connected with satellites 2 – 4 and with the carrier 5 by five rods;
8 – central wheel with internal teeth; 9 – additional hinge

соединенные с выходным звеном 5, при этом крутящий момент от центрального колеса 1 равномерно передается на все сателлиты.

Подвижность разработанной конструкции редуктора определяется по общепринятой формуле П.Д. Чебышева следующим образом:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4,$$

где W – количество степеней свободы (подвижность) механизма; n – количество звеньев; p_5 и p_4 – количество пар пятого (шарниры) и четвертого (зубчатые зацепления) классов.

Кинематическая цепь передачи содержит семь звеньев ($n = 7$), соединенных в семь шарниров ($p_5 = 7$) и в шесть зубчатых зацеплений колес ($p_4 = 6$), поэтому $W = 1$, то есть рассматриваемая планетарная передача является статически определимой и все три сателлита гарантированно участвуют в передаче мощности от центрального колеса к выходному звену, при этом уменьшаются силы, а, соответственно, напряжения, возникающие в зубьях передачи.

Использование в приводе волочильного стана трехсателлитной уравновешенной самоустанавливающейся планетарной передачи позволит сократить время перехода с профиля на профиль, снизить брак и простои, связанные с обрывами, увеличить скорость волочения и в целом повысить производительность волочильного стана.

Выводы

Анализ работы волочильного стана показал, что для увеличения его производительности необходимо модернизировать привод протягивающего барабана. Разработанная конструкция привода волочильного стана с использованием трехсателлитной уравновешенной самоустанавливающейся планетарной передачи повышает эксплуатационный ресурс, сокращает время

перехода с профиля на профиль, увеличивает скорость волочения, уменьшает аварийные простои оборудования и брак, что, в свою очередь, увеличивает производительность стана в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Родионова Л.В., Родионова А.А. Современное состояние и перспективы развития волочильного производства стальной проволоки. *Машиностроение*. 2013;1(1):3–11. Rodionova L.V., Rodionova A.A. The current situation and perspectives the development of wire-drawing steel wire. *Mashinostroenie*. 2013;1(1):3–11. (In Russ.).
2. Vega G., Haddi A., Imad A. Investigation of process parameters effect on the copper-wire drawing. *Materials and Design*. 2009;30(8):3308–3312. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.12.006>
3. Перцов З.И. Волочильные станы. Москва: Металлургия; 1986:208.
4. Haddi A., Imad A., Vega G. Analysis of temperature and speed effects on the drawing stress for improving the wire drawing process. *Materials and Design*. 2011;32(8-9): 4310–4315. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.04.010>
5. Никитин А.Г., Баженов И.А., Герасимов С.П. Анализ эксплуатационного ресурса привода волочильного стана. *Известия вузов. Черная металлургия*. 2022;65(6): 434–436. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-6-434-436>
Nikitin A.G., Bazhenov I.A., Gerasimov S.P. Analysis of the drawing mill drive operation. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2022;65(6):434–436. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-6-434-436>
6. Lai T.-S. Design and machining of the epicycloid planetary gear of cycloid drives. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2006;28(7-8):665–670. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2423-x>
7. Yang B.-D., Meng C.-H. Modeling of friction contact and its application to the designing of shroud contact. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*. 1997;119(4):958–963. <https://doi.org/10.1115/1.2817082>
8. Пат. 2526738 РФ. Способ сборки многосателлитной уравновешенной планетарной передачи / Л.Т. Дворников, С.П. Герасимов; заявл. 09.01.2020, опубл. 31.07.2020.

Сведения об авторах

Александр Григорьевич Никитин, д.т.н., профессор кафедры механики и машиностроения, Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0000-0001-9198-6386
E-mail: nikitin1601@yandex.ru

Андрей Ростиславович Фастыковский, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Обработка металлов давлением и металловедение. ЕВРАЗ ЗСМК», Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0000-0001-9259-9038
E-mail: omd@sibsiu.ru

Семен Павлович Герасимов, старший мастер по ремонту оборудования, АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»
ORCID: 0000-0001-5012-2565
E-mail: knikitos@mail.ru

Information about the Authors

Aleksandr G. Nikitin, Dr. Sci. (Eng.), Prof. of the Chair of Mechanics and Machine Engineering, Siberian State Industrial University
ORCID: 0000-0001-9198-6386
E-mail: nikitin1601@yandex.ru

Andrei R Fastyskovskii, Dr. Sci. (Eng.), Assist. Prof., Prof. of the Chair of Metal Forming and Metal Science. OJSC “EVRAZ ZSMK”, Siberian State Industrial University
ORCID: 0000-0001-9259-9038
E-mail: omd@sibsiu.ru

Semen P. Gerasimov, Senior Technician on Equipment Repair, JSC EVRAZ United West Siberian Metallurgical Plant
ORCID: 0000-0001-5012-2565
E-mail: knikitos@mail.ru

Вклад авторов

Contribution of the Authors

А. Г. Никитин – формирование основной концепции, формулирование выводов, научное руководство.

А. Р. Фастыковский – доработка текста, корректировка выводов, обсуждение экспериментальной части.

С. П. Герасимов – выполнение экспериментальной части работы, написание текста.

A. G. Nikitin – formation of the basic concept, formulation of conclusions, scientific guidance.

A. R. Fastyskovskii – revision of the text, correction of conclusions, discussion of the experiments.

S. P. Gerasimov – performing the experiments, writing the text.

Поступила в редакцию 27.12.2023

После доработки 12.09.2024

Принята к публикации 17.10.2024

Received 27.12.2023

Revised 12.09.2024

Accepted 17.10.2024