Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №1 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-1>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/126TVN115.pdf>

DOI: 10.15862/126TVN115 (<http://dx.doi.org/10.15862/126TVN115>)

УДК 678.4.019

Афанасьев Виктор Владимирович

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии»

Москва, Россия¹

Кандидат технических наук,

E-mail: afanasiev1940@mail.ru

Байкин Сергей Дмитриевич

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии»

Москва, Россия

аспирант кафедры сервисного инжиниринга

E-mail: sergey@baykin.name

Иванов Владимир Александрович

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии»

Москва, Россия

Профессор кафедры сервисного инжиниринга

Доктор технических наук

E-mail: byttech1@yandex.ru

Монтажные особенности ножевых валов широкопроходных мездрильных машин

¹ 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33

Аннотация. Аналитически рассмотрены условия возможности снижения уровня вибронагружения широкопроходных мездрильных машин за счет применения обоснованного выбора конструкции опорных узлов, типа подшипников качения, способов их установки и монтажа в корпусе. Изучены вопросы выбора показателей точности подшипниковых опор широкопроходных валов. Проанализирован характер износа деталей опор, который после достижения определенного уровня может вызвать относительное проворачивание колец подшипников, особенно в первоначальный момент движения и разгона валопровода. Текущий угол проворачивания одного из колец подшипника, установленного с недостаточным натягом, особенно при частых пусках и остановках машин, усиливается вследствие необходимости частого демонтажа вала (с возможностью его замены), обусловленного необходимостью замены изнашивающихся винтообразных ножей. Этот процесс вызывает текущее нарушение геометрии рабочих поверхностей элементов опорных узлов, вследствие чего интенсифицируется износ сопрягаемых при посадке поверхностей вала. Это вследствие чего недостаточно высокой твердостью шеек ножевого вала в результате чего происходит изменение точности его вращения, в частности, из-за динамической неуравновешенности вала, что в свою очередь также интенсифицирует процесс износа подшипниковых элементов.

Ключевые слова: вибронагружение; допуски; износ; мездрильная машина; подшипник; посадки; точность.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Афанасьев В.В., Байкин С.Д., Иванов В.А. Монтажные особенности ножевых валов широкопроходных мездрильных машин // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №1 (2015)
<http://naukovedenie.ru/PDF/126TVN115.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/126TVN115

Введение

Парк кожевенных и меховых машин валичного типа характеризуется относительно высокой вибронегруженностью системы ножевых валов [4,5,6], что обычно проявляется на качестве обработки полуфабриката. Наиболее значительно отрицательный результат проявляется в широкопроходных мездрильных машинах, в которых длина рабочей части вала превышает 3 м и вследствие конструктивных особенностей имеет место достаточно высокая его разбалансированность. Это вызвано периодической зачеканкой на них спиралеобразных ножей, которые помимо того, что сами нарушают динамическую уравновешенность вала, но также в рабочем процессе подвергаются неравномерному износу, особенно значительному по длине вала. Вместе с этим процесс работы машины инициируются переменные нагрузки, вызванные разнотолщинностью полуфабриката по площади и неодинаковыми свойствами полуфабриката по разным топографическим участкам [6]. Поэтому с точки зрения повышения качества обработки полуфабриката актуальным является совершенствование способ и качество установки валов на подшипниковых опорах, поэтому требуются наиболее приемлемые технические возможности уменьшения радиальных зазоров в конструкциях подшипникового узла, а также между телами качения относительно подвижной и неподвижной частями подшипников [7]. За счет этого можно добиваться снижения амплитуды колебаний вала, возбуждаемых вышеупомянутыми источниками [1,3].

Методика расчета

Основная кинематическая схема мездрильной машины, так называемая обрабатывающая, представляет собой замкнутый контур, в который входят звенья: ножевой, прижимной, подающий валы и обрабатываемый полуфабрикат (рис. 1). Кроме того в эту систему входит система регулировки усилия прижима рабочего и прижимного валов, с целью изменения глубину резания при осуществлении мездрения. Это, в конечном счете и определяет окончательную толщину полуфабриката после данной операции [4].

Рисунок 1. Структурная схема современной валичной кожевенной машины

Конструктивные параметры ножевого вала задаются при проектировании машины и включают его диаметр, длину, конструкционные характеристики опор и электропривода, а также геометрические размеры и механические характеристики винтовых ножей. Эти показатели существенно зависят от качественных показателей процесса снятия мездры [7], что

проявляется в таких показателях готовой продукции как разнотолщинность полуфабриката по площади и наличие на его поверхности - «лестницы».

Точность выполнения операции, т.е. качество мездрения, определяется точностью в обрабатывающей системе. Кроме того, в этой системе возникает ряд других погрешностей: расположение полуфабриката перед обработкой (это определяется возможным относительным смещением прижимного вала) качество и вид настройки управляющей системы включающей прижимной вал или траверсу с установленным валом, оснащенным винтообразными ножами. Эта величина зависит от жесткости обрабатывающей системы, точности (геометрии) валов, степени износа ножей, параметров колебаний валов в процессе работы и других факторов.

Для обеспечения регламентируемых техническими условиями параметров готовой продукции и определения условий работы машины с различным сырьем для получения продукции в достаточном диапазоне толщин, требуется специальный механизм, обеспечивающий регулировку степени давления прижимного вала к ножевому [9]. В этом направлении выполнены исследования [4,5,7], которые показывают необходимость создания в первую очередь прикладных методов совершенствования оборудования за счет повышения долговечности деталей кожевенных машин, которые относятся к группе наиболее быстроизнашивающихся. К этой группе номенклатур деталей относится рабочий инструмент – вал со спиралевидными ножами. Последние устанавливаются на многих кожевенных машинах путем зачеканки в специальных канавках на валу, считаясь, поэтому его частью и совместным жестким элементом.

Перечисленные условия ориентированы на поиск решений формулируемых задач в кибернетической постановке. Это может рассматриваться как инфраструктурная составляющая при создании и совершенствовании системы «рабочий и прижимной валы – кожевенный полуфабрикат как объект обработки». Из работы [6] известно, что основным генератором вибраций в мездрильной машине является динамический валопровод, в который вместе с ножевым валом входит соосно устанавливаемый электродвигатель, и жесткая соединительная муфта. Указанные элементы и узлы сами по себе имеют динамическую неуравновешенность, которая постепенно меняется как в процессе эксплуатации машины, так и после каждой разборки и сборки машины, что требует проведения тщательной дополнительной динамической балансировки на специальном стенде.

Результаты расчетов

Проведенное указанное ранее производственное исследование строгальных машин [5] дало право считать, что ножевой вал мездрильной машины под нагрузкой ведет себя аналогично строгальной, в связи с чем динамические характеристики, полученные ими при исследовании мездрильной машины с шириной рабочего прохода 3200 мм, нами могут быть использованы как исходные. Тогда считаем:

$$T_{ср\ мездр.} \approx 4100 \text{ Н}; \quad (1)$$

$$N_{ср\ мездр.} = 2,8 \cdot T = 2,8 \cdot 4100 = 11480 \text{ Н} = 11,48 \text{ кН}. \quad (2)$$

С учетом особенности работы мездрильной машины (замыкание с ударом) для дальнейших расчетов можем принять $N_{ср\ мездр.} \approx 12 \text{ кН}$ и расчетное радиальное усилие на один подшипник составит примерно $R_{ср\ мездр.} \approx 3 \text{ кН}$. Используя полученные данные, проведем проверку достоверности (корректности) выбора посадок роликоподшипников конических для ножевого вала мездрильной машины модели ММГ-3200К.

Для этой машины при проектировании опор ножевого вала были назначены подшипники №7516 (ГОСТ 333-79):

$$D=140; d=80; B=33, \quad (3)$$

и поля допусков соответственно вала и корпуса:

$$\begin{aligned} & \phi 80k6(\text{■}(+0,021@ + 0,002) \phi 80k6(\text{■}(+0,021@ + 0,002)) \\ & \phi 140H7(\text{■}(+0,040@) \phi 140H7(\text{■}(+0,040@)). \end{aligned} \quad (4)$$

Класс точности 0 ($\phi 140_{-0,018}$, $\phi 80_{-0,015}$)

Выполним проверку назначенной посадки внутреннего кольца на вал по минимальному натягу согласно по формуле:

$$N_{\min}' = (13 \cdot R_{\max} \cdot k) / (b \cdot [10^{-6}]) \quad N_{\min}' = (13 \cdot R_{\max} \cdot k) / (b \cdot [10^{-6}]) \quad (\text{мкм}) \quad (5)$$

Где $R_{\max}$ – радиальная нагрузка на один подшипник, кН.

k – коэффициент серии подшипника (для легкой серии 2,8)

b – рабочая ширина внутреннего кольца за вычетом фасок, м

$$b = B - (r + r') = 33 - 4 = 29 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \quad (6)$$

Тогда $N_{\min}' \approx 3.8 \text{ мкм}$

Таким образом, видим, что назначенное поле допуска вала некорректно: $N_{\min} = 2 \text{ мкм}$. По найденному значению $N_{\min}'$ корректируем выбор ближайшего поля допуска вала, обеспечивающего $N_{\min \text{ расч}} \geq N_{\min}'$, где $N_{\min \text{ расч}} = 0,011 \text{ мм}$.

Тогда полем является $m6(\text{■}(+0.030@ + 0.011) m6(\text{■}(+0.030@ + 0.011))$, следовательно $N_{\max \text{ расч}} = 0,045$.

Практические рекомендации

Учитывая жесткие требования (удары) при эксплуатации подшипниковых узлов мездрильных машин, характер нагрузки наружных колец подшипников ножевого вала будем рассматривать как нагруженные циркуляционно. При этих условиях выбор посадки данного кольца в корпус рекомендуется производить по интенсивности радиальной нагрузки на посадочную поверхность. По конструктивным соображениям наиболее близким по своим значениям внутренним полем допуска корпуса, обеспечивающим при установке наружного кольца подшипника требуемый натяг, является поле K7, однако, при этом, вероятность получения зазора ($12 \div 30 \text{ мкм}$) достаточно велика, поэтому следует либо принять поле M7, при котором колебание зазора ($0 \div 18 \text{ мкм}$) существенно перекрывается возможностью получения натяга ($22 \div 40 \text{ мкм}$), либо применить принцип селективного подбора подшипников (рисунок 2).

Рисунок 2. Схема расположения полей допусков корпуса опоры ножевого вала широкопроходной мездрильной машины

Таким образом, показаны общие технические направления по снижению уровня вибронегружения строгальных и мездрильных машин путем изменения характера соединения (посадок) подшипников качения с элементами ножевого вала и гнездом корпуса его опор. Вместе с тем, в этой ситуации следует отметить также некоторые частные случаи тесно связанные с изложенным. Так, например, возможность проворачивания внутреннего и наружного колец подшипников соответственно на валах и в гнездах корпусов определяется повышенными моментами трения, чаще всего в процессе трогания вала и его разгона. В момент трогания возникает значительный крутящий момент и наблюдаются большие по величине крутящие моменты в период трогания вала. Это может вызвать относительное проворачивание колец, установленных с недостаточным натягом. Это увеличивает зазоры в особенности от действия температурных деформаций, например при повторных пусках машины. Один проход полуфабриката занимает десятки секунд, поэтому можно говорить о старт-стопном режиме работы машины. Следует отметить, что величина моментов трения имеет тенденцию к росту при относительно продолжительной длительной эксплуатации машины в результате нарушения геометрической формы рабочих поверхностей деталей. Возможность проворачивания колец возрастает также с увеличением уровня вибраций, ослабляющих прочность соединения в сопряжениях без зазора. Смещение колец ведет к дополнительному износу сопряжений и взаимодействующих поверхностей, последующей утрате точности позиционирования из-за разбалансированности вращающейся системы, а, в конечном счете, к разрушению деталей подшипника.

Температурные и другие деформации деталей подшипников, а также деформационные смещения поверхностных слоев сопрягаемых деталей в зоне посадочных мест определяются характеристиками и значениями действующих нагрузок. Поэтому величина динамического нагружения, возникающие удары и толчки определяют натяг и плотность посадки (Таблица 1).

Таблица 1

Технические требования к ножевому валу мездрильной машины

ширина рабочего прохода, мм	тип шарикопод- шипниково- й опоры ножевого вала	тип подшипни- ка качения, ГОСТ 27365-87 (взамен ГОСТ 333-79)	ориенти- ровочные номиналь- ные размеры D/d мм	рекоме- ндуемое поле допуска опорно- й шейки ножево- го вала	реко- менд- уемое поле допус- ка гнезда корп- уса	характ- ер нагруз- ки опоры	особые требования к подшипнику
2200÷3 200	двухопорная, с установкой подшипников враспор	подшипник роликовый конический однорядный категории В	140/80	m6 (ГОСТ 3325- 85)*	M7 (ГОСТ 3325- 85)*	комбинированный, тяжелый с ударами	регулирование радиальных зазоров, пониженный момент трения, повышенная виброустойчивость, повышенная коррозионная стойкость

Текущее положение вращающихся деталей определяется такими факторами: зазоры в самих подшипниках, деформации в местах контакта, жесткость сопряженных с подшипниками деталей, точность монтажа. Для повышения точности вращения вала конструктивно ограничивается осевая подвижность радиальных подшипников. Этим достигается уменьшение размеров радиальных зазоров за счет достижения предварительного натяга в осевом направлении. Для этого принимаемая посадка должна гарантировать относительную неподвижность колец подшипников в месте посадки на протяжении всего срока эксплуатации. Оптимальные значения радиальных и осевых зазоров (ГОСТ 24810-81) для конкретных условий эксплуатации подшипников позволяют обеспечить рациональное распределение нагрузки между телами качения, необходимое смещение вала и корпуса в этих направлениях, улучшение виброакустических характеристик, снижение потерь на трение.

Так, рассматривая подшипниковые опоры ножевых валов мездрильных и строгальных машин в качестве объекта для уменьшения в первую очередь радиальных зазоров, следует учесть, что изменению их величин особое внимание нужно уделять в процессе эксплуатации (при ревизии и техническом обслуживании) машин. При этом очевидно, что на указанном этапе контактирующие с подшипниками поверхности (посадочные шейки ножевого вала, гнезда корпуса) значительно легче изменить в нужную сторону (по точности, шероховатости, ГОСТ 3325-85, раздел 2, табл. 3 и 4), чем сами подшипники, которые ремонту не подлежат. Вместе с тем изначально их правильный выбор и назначение, монтаж и техническое обслуживание обязательно приведут к желаемым результатам.

Требования к посадкам и рекомендации по монтажу подшипников качения должны выполняться в соответствии с ГОСТ 3325-85. Здесь, прежде всего, необходимо учитывать значительную неоднородность посадок, которая может оказаться недостаточно приемлемой

для проведения эксплуатации в областях, близких к условиям крайних значений натягов или зазоров (в том числе и при обоснованности выбора). В этом случае допуск на натяг технически должен быть снижен за счет селективного подбора подшипников или доводки посадочных мест вала, корпуса.

Заключение

Монтаж подшипников при сборке узлов в процессе ремонта необходимо выполнять в соответствии с рекомендациями ГОСТ 3325-85. В случае замены подшипников при ремонте узлов (машин), при наличии износа посадочных поверхностей, подшипники следует заказывать в соответствии с пунктом 8.33.4 ГОСТ 520-2002.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 24810-81. Подшипники качения. Зазоры.
2. ГОСТ 3325-85. Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки.
3. Допуски и посадки. Справочник. Часть 2, 1983г.
4. Афанасьев В.В. Анализ неисправностей оборудования кожевенных заводов – М.: Легпромбытиздат, 1988.
5. Иванов В.А., Рашкин В.В. Тенденции и перспективы развития оборудования кожевенных производств//Электротехнические и информационные комплексы и системы № 1, т. 8, 2012 г. С.47-52
6. Рашкин В.В., Иванов В.А. Тенденции и перспективы развития оборудования кожевенных производств//Электротехнические и информационные комплексы и системы. №1, т.8. 2012. С. 40-46
7. Толмачев А.В. Исследование работы ножевых валов кожевенных машин и разработка условий их совершенствования. Дис... канд.техн. наук. - М, МГУС. 2001.
8. Kammer H.W. Theory of rubber and tier friction//Eng. res. bulletin B-94. The Pennsylvaniy State University, July 1968. – P.8 – 9.
9. Roman Paprskarz, národní podbik Strojovsit, Krnov. Vlivy při obrábění kožní hmoty nožovými válci. Kožařství, 1978, №5.

Рецензент: Комаров Николай Михайлович, доктор экономических наук, профессор, член редколлегии журнала.

Afanasiev Viktor Vladimirovich

Russian State University of Tourism and Service
Russia, Moscow
E-mail: afanasiev1940@mail.ru

Baikin Sergey Dmitryevich

Russian State University of Tourism and Service
Russia, Moscow
E-mail: sergey@baykin.name

Ivanov Vladimir Aleksandrovich

Russian State University of Tourism and Service
Russia, Moscow
E-mail: byttech1@yandex.ru

Erection features of fleshing rolls for full-hole machines

Abstract. This article presents analysis of conditions for the feasible reduction in vibration loading level of the full-hole fleshing machines through the use of valid choice of the supporting unit design, type of frictionless bearings and methods of their installation and erection in the case. We have studied the problems of accuracy figure choice for the bearing supports of full-hole rolls and analyzed the pattern of support part wear, which can cause the relative turning of bearing rings after achievement of a defined level, especially at the initial moment of movement and acceleration of shafting. The current angle of turning one of the bearing rings erected with insufficient interference increases, especially in the time of frequent startups and shutdowns of machines for demounting roll (with opportunity of its replacement) due to need of the wearable screw knife change. This process causes the current geometry malfunction of the working surfaces of the support unit elements, resulting in intensified wear of the roll mating surfaces during their fitting. The reason for this is that the fleshing roll necks have insufficiently high hardness whereby change of the roll rotation accuracy takes place, in particular due to the dynamic unbalance of roll, followed by intensified wear of the bearing elements.

Keywords: vibration loading; tolerances; wear; fleshing machine; bearing; fits; accuracy.

REFERENCES

1. GOST 24810-81. Podshipniki kacheniya. Zazory.
2. GOST 3325-85. Podshipniki kacheniya. Polyа dopuskov i tekhnicheskie trebovaniya k posa-dochnym poverkhnostyam valov i korpusov. Posadki.
3. Dopuski i posadki. Spravochnik. Chast' 2, 1983g.
4. Afanas'ev V.V. Analiz neispravnostey oborudovaniya kozhevennykh zavodov – M.: Leg-prombytizdat, 1988.
5. Ivanov V.A., Rashkin V.V. Tendentsii i perspektivy razvitiya oborudovaniya kozheven-nykh proizvodstv//Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy № 1, t. 8, 2012 g. S.47-52
6. Rashkin V.V., Ivanov V.A. Tendentsii i perspektivy razvitiya oborudovaniya kozheven-nykh proizvodstv//Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy. №1, t.8. 2012. S. 40-46
7. Tolmachev A.V. Issledovanie raboty nozhevykh valov kozhevennykh mashin i razrabotka usloviy ikh sovershenstvovaniya. Dis... kand.tekhn. nauk. - M, MGUS. 2001.
8. Kammer H.W. Theory of rubber and tier friction//Eng. res. bulletin B-94. The Pennsylvaniy State University, July 1968. – P.8 – 9.
9. Roman Paprskarз, národní podbik Strojосvit, Krnov. Vlivy při obrábění kožní hmoty nožovými válci. Kožařství, 1978, №5.