

УДК 621.9: 621.891: 538.9

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПРАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Мусохранов М.В., Калмыков В.В., Авраменко М.Ю.

*Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
Калуга, e-mail: marls77@yandex.ru*

Рассмотрены наиболее распространенные виды направляющих элементов в машиностроении. Дана их классификация и служебное назначение. Одной из важнейших эксплуатационных характеристик является энергетическое состояние поверхностного слоя направляющих элементов. Проведен анализ распределения энергии на работу формирования поверхностей направляющих элементов. Рассмотрено влияние шероховатости в сочетании с энергетическими параметрами на механизм трения в парах скольжения. Насыщение энергией поверхностного слоя происходит во время реализации технологического процесса изготовления направляющих на всех стадиях производства, от создания заготовки до операции финишной обработки. В статье особое внимание обращено на выбор технологических процессов при изготовлении ответственных деталей, таких как направляющие элементы. Показана возможность разрабатывать обоснованные инженерно-технические мероприятия по технологическому обеспечению требуемого уровня поверхностной энергии направляющих элементов.

Ключевые слова: энергия поверхностного слоя, коэффициент трения, технологическое воздействие

TECHNOLOGICAL PREREQUISITES FOR INCREASE OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF THE GUIDE ELEMENTS

Musokhranov M.V., Kalmykov V.V., Avramenko M.Yu.

Moscow State Technical University n.a. Bauman, Kaluga Branch, Kaluga, e-mail: marls77@yandex.ru

The most common types of guide elements in mechanical engineering. Their classification is given service appointment. One of the most important operating characteristics is the energy state of the surface layer of the guide elements. Analysis of the distribution of energy to work for the formation of the surfaces of the guide elements. The influence of roughness in combination with the energy parameters on the mechanism of friction in sliding pairs. The saturation energy of the surface layer occurs during the manufacturing process of the guide at all stages of production, from creation of the raw material to the finishing operation. In the article special attention is paid to selection processes in the manufacture of critical parts such as guide elements. Shows the ability to devise sound engineering and technical measures for technological provision of the required level of surface energy guide elements.

Keywords: the energy of the surface layer, the coefficient of friction, impact process

Точность и долговечность направляющих в значительной мере определяют работоспособность в машиностроении. Условия работы направляющих многообразны, от направляющих станин станков и загрузочных устройств до направляющих лифтовых канатопроводящих шкивов [1, 2, 4, 5].

Направляющие должны обеспечивать плавность перемещений и заданную точность, иметь минимальный износ и допустить компенсацию износа.

Известно, что условия эксплуатации направляющих весьма разнообразны: по уровню тепловых и механических нагрузок. В таких условиях направляющие должны обладать высоким уровнем эксплуатационных свойств для обеспечения необходимой работоспособности.

По существу направляющие – это опоры, с помощью которых достигается заданное взаимное расположение отдельных узлов или деталей машин и законы их движения. Как и всякие опоры, направляющие

обеспечивают перемещение в условиях действия сил, прижимающих детали направляющих.

Классификация направляющих

Направляющие элементы подразделяют:

1. По виду трения:

- а) скольжения;
- б) качения;
- в) комбинированные.

2. По виду движения:

а) направляющие главного движения (например, направляющие сопряженных деталей основание – планшайба токарно-карусельных станков, станина – стол продольно-строгальных станков;

б) направляющие движения подачи (направляющие станины и салазок токарных и консольно-фрезерных станков);

в) направляющие перестановки (направляющие сопряженных деталей станина – задняя стойка горизонтально-расточных станков).

Большинство направляющих в станках относится к направляющим подачи. По направляющим подачи производятся установочные перемещения столов (суппортов и др.). В зависимости от направления по отношению к оси обрабатываемой заготовки (или станка) различают направляющие продольной и поперечной подачи.

Направляющие перестановки служат только для предварительного перемещения неподвижных в процессе обработки узлов; они выполняются такой же конструктивной формы, как и направляющие подачи, в ряде случаев дополнительно имеют Т-образные пазы для закрепления перемещаемых узлов.

3. По виду трения скольжения:

а) направляющие жидкостного трения – гидродинамические (направляющие главного движения карусельных и продольно-строгольных станков);

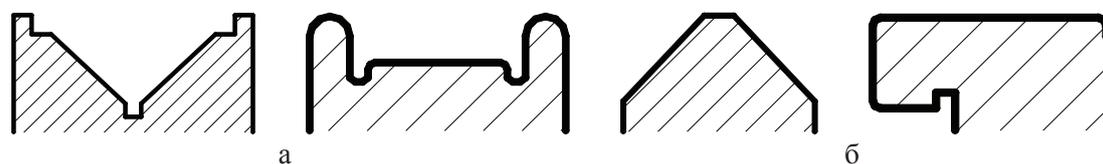


Рис. 1. Охватывающие (а) и охватываемые (б) направляющие

б) направляющие жидкостного трения – гидростатические (направляющие главного движения и подачи);

в) направляющие смешанного трения – большинство направляющих движения подачи;

г) направляющие граничного трения – направляющие подачи, работающие при очень малых скоростях скольжения, в частности со смазкой специальными антискачковыми маслами, содержащими полярно-активные присадки; по конструкции такие же, как направляющие смешанного трения.

4. По траектории движения: направляющие прямолинейного движения и направляющие кругового движения.

5. По расположению траектории перемещения узла в пространстве: горизонтальные, вертикальные и наклонные направляющие.

Горизонтальные направляющие (прямолинейного движения) могут иметь горизонтальные, вертикальные и наклонные грани; наклонные направляющие – наклонные и вертикальные грани; вертикальные направляющие имеют лишь вертикальные грани.

6. По геометрической форме направляющих:

а) призматические направляющие – наиболее распространенные для прямолинейного движения. В зависимости от формы поперечного сечения призматических направляющих различают направляющие:

прямоугольные, треугольные и трапециевидные (типа «ласточкина хвоста»);

б) плоские направляющие (применяют в комбинации со всеми другими);

в) цилиндрические направляющие (по форме сечения – круглые направляющие) – в основном для прямолинейного движения;

г) конические направляющие (только для кругового движения).

Направляющие указанных сечений применяют в комбинациях, где даны характеристики направляющих различных типов и область их применения. В числе треугольных направляющих выделяют V-образные, которые у неподвижных (в относительном движении) деталей имеют вершину, направленную в тело детали (рис. 1, а, слева). Различают также направляющие охватывающие (сопряженную деталь) и охватываемые (рис. 1, б); V-образные направляющие – охватывающие [7].

Можно отметить также следующие дополнительные признаки классификации направляющих.

По движению:

а) неподвижные – на неподвижных узлах станка или на узлах, неподвижных в относительном движении (поперечные направляющие нижних салазок стола горизонтально-расточных станков);

б) подвижные – на подвижных узлах.

По выполнению – за одно целое или отдельно от станины либо подвижной корпусной детали:

а) направляющие, выполненные заодно со станиной или подвижной корпусной деталью;

б) накладные направляющие, прикрепленные к станине или к корпусной детали (привертные, приваренные, приклеенные и т.д.).

По способности восприятия опрокидывающих моментов и отрывающих сил:

а) замкнутые направляющие, – имеющие планки, клинья и обеспечивающие восприятие опрокидывающих моментов и отрывающих сил, стремящихся разъединить поверхности трения сопряженных деталей;

б) незамкнутые направляющие, не предназначенные для восприятия значительных отрывающих сил; замыкание осуществляется внешней нагрузкой, действующей в определенном направлении, или весом. В контактировании поверхностей направляющих элементов много нерешенных проблем. Что касается геометрических

показателей, судя по литературным данным, отклонение от параллельности, плоскостности, извернутости и т.д., в настоящее время изучены, и успешно решаются.

Энергетическое состояние как эксплуатационная характеристика

Проблемы шероховатости так же изучены и широко представлены в научных работах сотрудников школы Э.В. Рыжова – А.Г. Сулова [8]. Рассмотрены вопросы макронеровностей поверхностного слоя детали. И при расчетах в некоторых формулах присутствуют не только геометрические параметры, но и параметры, имеющие физическую природу [9, 10].

Но в основном эти вопросы решаются односторонне, с точки зрения геометрической точности [3], но есть ряд глубинных вопросов. Мало рассматривается физическая природа явлений [6].

Вместе с тем возникает явная потребность продолжить исследования, которые бы раскрыли физический смысл многих вопросов.

В соответствии с различными формами движения материи рассматривают различные формы энергии: механическую, электромагнитную, тепловую, химическую, ядерную и т.д.

Внутренняя энергия равна сумме кинетической энергии хаотичного движения молекул относительно центра масс тел и потенциальных энергий взаимодействия молекул друг с другом.

В ходе технологического процесса к поверхностному слою детали подводится энергия. Подводимая энергия к твердому телу представляет собой механическое воздействие, давящее, нагревающее и т.д. Все эти явления, все виды энергетического воздействия оказывают различное влияния на физико-механические свойства поверхностного слоя, создают и изменяют энергетическое состояние поверхностного слоя.

Поверхностная энергия складывается из работы образования поверхности, т.е. работы, необходимой для преодоления сил межмолекулярного взаимодействия.

Поверхностная энергия – диссипативна. То есть часть этой энергии рассеивается в процессе эксплуатации, а часть переходит в другие формы энергии. Таким образом энергия проявляется:

- 1) в возрастании дислокаций;
- 2) сдвигах решетки (т.е. переходя в состояния взведенной пружины);
- 3) расходе энергии на фазовые превращения;
- 4) напряжениях;
- 5) трещинах;
- 6) дефектах и т.д.

Механическая обработка поверхности сильно влияет на свойства поверхностного слоя при обработке, вследствие деформации поверхностного слоя, влияния окружающей среды в поверхностном слое повышается плотность дислокаций, образуется текстура и т.д. В результате механической обработки прочность и микротвердость поверхностного слоя увеличивается.

От каждого технологического процесса энергия накапливается в поверхностном слое, часть этой энергии рассеивается в окружающую среду, часть переходит вглубь (в основной материал (рис. 2) [там же]).

То есть поверхностная энергия является одним из важных показателей качества и состояния поверхностного слоя направляющих элементов.

Исследователями установлено, что поверхностная энергия оказывает влияние на качество поверхностного слоя при механической обработке – на износостойкость и долговечность поверхностного слоя деталей машин.

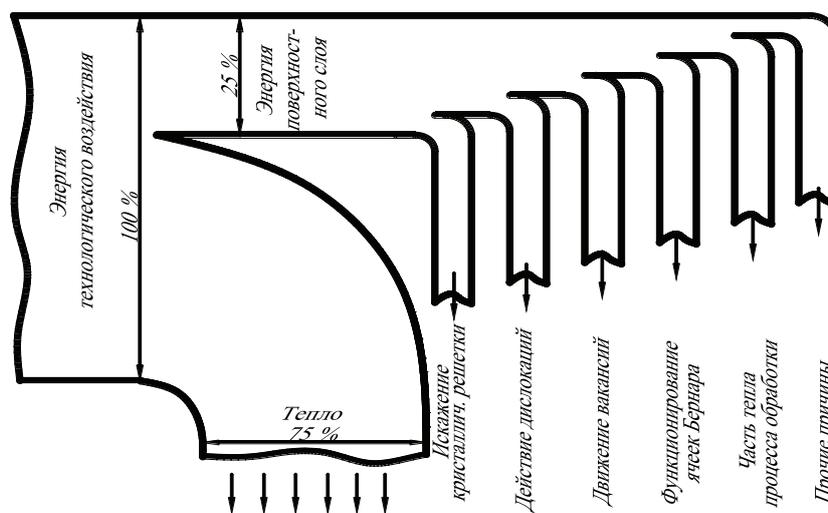


Рис. 2. Энергетические затраты на деформирование металла поверхностного слоя в процессе механической обработки

Для повышения износостойкости поверхностного слоя сопряженных деталей необходима совместимость материалов трущихся поверхностей.

Существует предположение, что понизить износ поверхностей в ходе трения возможно, если при финишной обработке поверхностей деталей будет обеспечено равное соотношение остаточной плотности дислокации структуры. Вероятно, при таком соотношении энергетический баланс напряженного состояния материала контактирующих поверхностей оказывается таким, в ходе которого достигается минимальное изнашивание поверхностей.

То есть желательно создавать в ходе технологического процесса такое дислокационное состояние, при котором обмен энергией между сопряженными деталями будет либо отсутствовать, либо будет минимальным. Предполагается, что для создания пары трения с минимальным износом необходимо в поверхностном слое деталей создавать дислокационную структуру, характеризующуюся кратностью соотношений остаточной плотности дислокаций.

В зоне фрикционного контакта двух сопряженных деталей, движущихся друг относительно друга со скоростью V , происходит соударение элементов микронеровностей поверхностей и их сминание. На образовавшейся фактической площади касания развиваются сопротивления, обусловленные как молекулярными процессами взаимодействия между двумя сопряженными поверхностями деталей (адгезионное сопротивление), так и деформирования их тонких поверхностных слоев.

Для разъединения двух сопряженных поверхностей необходимо затратить работу, которая у них зависит от свойств атомов, испытывающих силу притяжения.

В общем случае для разъединения двух трущихся поверхностей деталей необходимо увеличить поверхностную энергию за счёт варьирования технологического процесса.

Также в ходе контакта между сопряженными поверхностями происходит обмен энергией. Необходимо формировать в процессе обработки такое энергетическое состояние, при котором обмен энергией будет практически отсутствовать. Это будет уменьшать коэффициент трения, следовательно уменьшится износ сопряженных деталей.

Заключение

Можно разрабатывать обоснованные инженерно-технические мероприятия по технологическому обеспечению требуемого уровня поверхностной энергии направляющих элементов. То есть в результате технологических процессов механической обработки направляющих элементов получать необходимые физико-механические свойства поверхностных слоев.

Список литературы

1. Анцев В.Ю., Витчук П.В. Обеспечение долговечности лифтовых канатоведущих шкивов // Тяжелое машиностроение. – 2013. – № 11–12. – С. 37–41.
2. Анцев В.Ю., Витчук П.В. Расчет параметров канатоведущего шкива лифта в процессе износа // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2012. – № 2–6(292). – С. 112–118.
3. Калмыков В.В., Малышев А.Н., Покровская М.Э. Анализ способов точного позиционирования рабочих органов станков с ЧПУ // Инженерный вестник. – 2012. – № 7. – С. 1.
4. Малышев Е.Н., Калмыков В.В. Обеспечение переналяживаемости бункерных загрузочных устройств // Инженерный вестник. – 2013. – № 9. – С. 1.
5. Малышев Е.Н., Калмыков В.В., Федоров В.А. Графоаналитический метод формирования сменных комплектов рабочих элементов штыревых бункерно-загрузочных устройств // Инженерный вестник. – 2012. – № 10. – С. 13.
6. Малышев Е.Н., Мусохранов М.В., Калмыков В.В., Антонюк Ф.И. Распределение энергии технологического воздействия при формировании рабочих поверхностей деталей машин из металлических материалов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=17560>.
7. Мусохранов М.В. Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя направляющих элементов машиностроения. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 2006.
8. Рыжов Э.В., Суслов А.Г., Федоров В.П. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.
9. Суслов А.Г. (ред.) Инженерия поверхности деталей: монография. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
10. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с., ил.

References

1. Antsev V., Vitshuk P. *Obespechenie dolgovechnosti liftovyh kanatovedushhih shkivov* [The durability of the Elevator rope driving pulleys] // Heavy mechanical engineering. no. 11–12. 2013. pp. 37–41.
2. Antsev V., Vitshuk P. *Raschet parametrov kanatovedushhego shkiva lifta v processe iznosa* [Parameters calculation of a traction sheave Elevator, in the wear process] // Fundamental and applied problems of technics and technology. 2012. no. 2–6(292). pp. 112–118.
3. Kalmykov V., Malyshev A., Pokrovskaya M. *Analiz sposobov tochnogo pozicionirovaniya rabochih organov stankov s ChPU* [The analysis of ways of accurate positioning of the working bodies of machines with CNC] // Bulletin of Engineering. 2012. no. 7. pp. 1.
4. Malyshev E., Kalmykov V. *Obespechenie perenalazhivayemosti bunkernykh zagruzochnykh ustroystv* [Ensuring perevalivaet bunker boot device] // Bulletin of Engineering. 2013. no. 9. pp. 1.
5. *Grafoanaliticheskij metod formirovaniya smennykh komplektov rabochih jelementov shtyrevykh bunkerno-zagruzochnykh ustroystv* [Graphic-analytical method of forming interchangeable sets of working elements of the pin-bunker-boot devices] Malyshev, E.N., Kalmykov V.V., Fedorov, V.A. // Bulletin of Engineering. 2012. no. 10. pp. 13.
6. Malyshev, E., Musohranov M., Kalmykov V., Antonyuk, I. *Raspredeleeniye jenerгии tehnologicheskogo vozdeystviya pri formirovaniy rabochih poverhnostej detalej mashin iz metallicheskih materialov* [The energy distribution of the technological impact in the formation of working surfaces of machine parts of metallic materials] // Modern problems of science and education. 2015. no. 1–1. pp. 58.
7. Musohranov M. V. *Tehnologicheskoe obespechenie kachestva poverhnostnogo sloja napravljajushhih jelementov mashinostroeniya* [Technological provision of the quality of the surface layer of the guide elements of mechanical engineering]. dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences, Moscow, 2006.
8. Ryzhov E.V., Suslov A.G., Fedorov V.P. *Tehnologicheskoe obespecheniye jekspluatacionnykh svoystv detalej mashin* [Technological maintenance of operational properties of machine parts] Moscow: Mashinostroeniye, 1979. 176 p.
9. Suslov A.G. (ed.), *Inzheneriya poverhnosti detalej* [Surface engineering of parts]. M.: Mashinostroeniye, 2008. 320 p.
10. Suslov A.G. *Kachestvo poverhnostnogo sloja detalej mashin* [The quality of surface layer of machine parts] Moscow: Mashinostroeniye, 2000. 320 p.