

of anchoring of the boundary massif // Mining Information Analytical Bulletin. «Prospects for mining and transport equipment».- № 2. MSMU, «Mining book».- М.- 2012. – P. 191-203. (in Russian)

4. Demin V.F., Yavorsky V.V., Demina T.V. and etc. The influence of the inclination angle on the stress-strain state of the rock mass around the working // LLC "Editorial office of the magazine "Coal".- № 11.- 2012. – P. 66-69. (in Russian)

5. Aliev S.B., Demin V.F., Demina T.V. and etc. Establishment of the parameters of anchorage depending on the mining and technological conditions of operation of workings // LLC "Editorial office of the magazine "Coal".- № 1.- 2013. – P. 69-72. (in Russian)

6. Demin V.F., Bakhtybaev N.B., Demina T.V. and etc. Forecasting displacements of near-contour rock mass in mine workings // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). Modern technologies in mining enterprises. - Separate issue 7. - 2012. – P. 9-21. (in Russian)

7. A.V. Smirnov, A.E. Grigoriev. Economic assessment of the use of combined support systems for capital workings of coal mines // Scientific statements Series Natural sciences. 2015. № 21 (218). Issue 33. P. 132-136. (in Russian)

8. A. V. Rogachkov, A. S. Pozolotin, A. A. Renev, P.V. Grechishkin. Steel-mineral roof bolting in difficult geological conditions of coal mines // Geotechnology 2015. P. 35-37. (in Russian)

9.V.A. Smirnov, A.E. Khlusov, B.N. Samorodov. Improvement of lightweight types of support for mine workings. // Notes of the Mining Institute. 2010. V 185. P. 118-122. (in Russian)

10. Richard Šňupárek, Petr Konečný. Stability of roadways in coalmines alias rock mechanics in practice // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2010, 2 (3): P. 281–288. (in English)

11. Maleki Hamid. Coal pillar mechanics of violent failure in U.S. Mines // International Journal of Mining Science and Technology Volume 27, Issue 3, May 2017, P. 387-392 (in English)

12. Maleki H, Lewis L. Verification of in-situ pillar strength for Utah Coal Seams. In: Proceedings of 44th U.S. rock mechanics symposium. Salt lake City, Utah; 2010. (in English)

УДК 621.01.03.075

МРНТИ 78.25.01

Тюрин А. Н., доктор технических наук, профессор, **основной автор**, <https://orcid.org/0009-0007-2238-9490>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Республика Казахстан, turin56@mail.ru

Tyurin A. N., Doctor of Technical Sciences, Professor, main author, <https://orcid.org/0009-0007-2238-9490>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, turin56@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES OF MACHINE-BUILDING PRODUCTION

Аннотация

В статье теоретически обоснована эффективность технологических методов изготовления изделий машиностроительного производства, основанные на локализации технологической энергии. Показано, что все многообразие методов металлообработки, используемых в машиностроении, по выполняемым ими функциям можно разделить на разделительные и формообразующие. Анализ этих методов показывает, что основным классификационным признаком является вид рабочего процесса. Однако все эти методы можно разделять и по характеру подводимой технологической энергии на методы с объемным воздействием технологической энергии и на методы с локализацией технологической энергии. Такой классификационный признак характерен как для разделительных, так и для формообразующих

методов обработки. Показано, что весьма важным направлением в совершенствовании технологии машиностроительного производства является создание технологических процессов, позволяющих локализовать технологическую энергию в рабочей зоне и управлять ее энергетическими параметрами, при этом возможно локальное ее воздействие на заготовку, а, следовательно, возникает возможность более тонко управлять свойствами заготовки и в более полной мере обеспечивать ее требуемое качество. Показано, что подача технологической энергии в рабочую зону малыми порциями способствует повышению качества изготовления изделий, а ее высокая частота обеспечивает высокую производительность, что особенно важно в производстве таких точных изделий, какими являются подшипники качения и другие прецизионные изделия, поэтому дальнейшее развитие методов совершенствования технологических процессов следует осуществлять в направлении поиска критериев для оценки качества изготавливаемых изделий.

ANNOTATION

The article theoretically substantiates the effectiveness of technological methods for the manufacture of machine-building products, based on the localization of technological energy. It is shown that the whole variety of metalworking methods used in mechanical engineering, according to the functions they perform, can be divided into separating and shaping. The analysis of these methods shows that the main classification feature is the type of workflow. However, all these methods can also be divided according to the nature of the technological energy supplied into methods with a volumetric effect of technological energy and methods with the localization of technological energy. Such a classification feature is typical for both separating and shaping processing methods. It is shown that a very important direction in improving the technology of machine-building production is the creation of technological processes that allow localizing technological energy in the working area and controlling its energy parameters, while its local effect on the workpiece is possible, and, therefore, it becomes possible to more finely control the properties of the workpiece and more fully ensure its required quality. It is shown that the supply of technological energy to the working area in small portions improves the quality of manufacturing products, and its high frequency ensures high productivity, which is especially important in the production of such precision products as rolling bearings and other precision products, so the further development of methods for improving technological processes should be carried out in the direction of finding criteria for assessing the quality of manufactured products.

Key words: *metalworking, technological process, localization of technological energy*

Ключевые слова: *металлообработка, технологический процесс, локализации технологической энергии*

Современные способы металлообработки весьма разнообразны и характеризуются большим числом классификационных признаков, охватывающих используемые физические явления, станочный привод, инструмент и условия, в которых осуществляется процесс обработки. Существует широкий набор технологических схем для реализации металлообработки при изготовлении самых разнообразных изделий.

В какой-то мере большинство технологических процессов в машиностроении основаны на локализации технологической энергии. Однако отсутствие системного подхода к совершенствованию таких технологий и основ управления энергетическими параметрами технологических процессов сдерживает их дальнейшее развитие.

Некоторые авторы [1, 2, 3 и др.] в качестве критериев эффективности технологических процессов предлагают энергетические параметры. Обработка изделий со съемом металла, а также формообразование путем разлома неразрывно связаны с разрушением и предшествующей ему упругой и пластической деформацией. Эффективность этих процессов можно оценивать работой, затрачиваемой на образование новых поверхностей. В этом случае поверхностная энергия материала является одним из основных физико-механических свойств, определяющих его обрабатываемость. Особое значение этот параметр получает при обработке хрупких материалов, а также при способах обработки, при которых происходит интенсивное диспергирование (размельчение) обрабатываемого материала.

Как известно, энергия, затрачиваемая на диспергирование определенного объема хрупкого тела, равна:

$$U = \gamma \cdot \Omega \cdot V$$

где γ – свободная поверхностная энергия обрабатываемого материала;

Ω – дисперсность снятого в процессе обработки материала детали;

V – объем снятого с заготовки материала.

Величина Ω определяется общей площадью поверхности, образовавшейся после обработки в результате разрушения (диспергирования), на единицу объема снятого материала.

Таким образом, за энергетический показатель эффективности способа металлообработки можно принять удельные энергетические затраты

$$U_{sp} = U / V = \gamma \cdot \Omega$$

Анализ данного показателя позволяет сделать вывод о том, что улучшения энергетических показателей процессов обработки можно добиваться путем уменьшения дисперсности снимаемого материала и (или) созданием условий, при которых снижается значение γ (например, за счет адсорбционного эффекта при применении технологических сред, обладающих поверхностно-активными свойствами).

Энергетический анализ процесса обработки позволяет, по-видимому, наиболее полно определить влияние на его эффективность каждого параметра процесса и создать оптимальные условия их взаимосвязи с целью наиболее эффективного суммарного действия на обрабатываемое изделие. Такой анализ может быть построен на основе термодинамического анализа физико-химических механизмов, составляющих процесс обработки. Основой его будет комплексное исследование закономерностей деформирования, повреждаемости и разрушения реальных твердых тел с использованием термодинамических и дислокационных представлений.

В любом процессе металлообработки со снятием металла или путем разлома с термодинамической точки зрения процесс деформирования и разрушения сопровождается двумя одновременно протекающими в материале обрабатываемой заготовки взаимосвязанными и противоположными явлениями: ростом плотности скрытой (запасенной) энергии элементарных дефектов различного рода (дислокаций, вакансий и др.) и повреждений, накапливающихся в деформируемых объемах заготовки за счет работы внешних сил, и снижения (высвобождения) ее вследствие релаксационных процессов, протекающих внутри материала, а второе – с динамическим возвратом (отдыхом, самозалечиванием), сопровождающимся тепловым эффектом, деформации. Следует также отметить, что первое явление связано с деформационным упрочнением и повреждаемостью материала обрабатываемой заготовки. В соответствии с этим в термодинамической теории за интегральную меру повреждаемости и критерий разрушения приняты плотность внутренней энергии и ее критическое значение, накопленное в деформируемых объемах. Условие разрушения записывается в виде [4, 5]:

$$U = U_0 + \Delta U,$$

где U_0 – плотность внутренней энергии материала в исходном состоянии (до обработки);

ΔU – изменение плотности внутренней энергии в результате обработки (за время деформирования).

Составляющими ΔU являются потенциальная (скрытая) ΔU_p и тепловая внутренняя энергия ΔU_T . Последняя определяется изменением температуры – от температуры окружающей среды t_{amb} до температуры обработанной детали t_{prc} – и равна:

$$\Delta U_T = \int_{t_{amb}}^{t_{prc}} \rho \cdot c_{hc} dt,$$

где ρ – плотность материала;

C_{hc} – теплоемкость материала.

На основе термодинамических представлений в работе [3] проанализирован энергетический баланс процесса шлифования. Затраты энергии на процесс шлифования складываются из следующих составляющих:

энергия на образование поверхностного слоя детали ΔU ;

энергия на удаление объема материала ΔU_c ;

энергия на износ шлифовального круга ΔU_{gw} .

Тепловой баланс процесса шлифования в этом случае будет равен:

$$W = \Delta U + \Delta U_c + \Delta U_{gw}.$$

В этой же работе предложено эффективность процесса оценивать отношением ΔU_c к работе шлифования W . Это отношение названо коэффициентом полезного действия операции. Критическое значение плотности внутренней энергии материала равно:

$$U_{cr} = \Delta U + \frac{U_0}{V},$$

где V – объем со шлифованного материала.

Используя это соотношение, коэффициент полезного действия операции можно определить по формуле

$$\eta_g = \frac{U_{cr} - U_0}{\omega},$$

где ω – удельная работа шлифования.

Коэффициент полезного действия операции шлифования, как видно из приведенных зависимостей, будет тем больше, чем меньше изменение величины внутренней энергии вновь образованных поверхностей детали и шлифовального круга и меньше доля тепловой энергии, которая рассеивается в окружающую среду за счет теплообмена.

Практическая ценность предложенного подхода очевидна. Однако отсутствие данных по критическим значениям плотности внутренней энергии различных материалов сдерживает его применение. Известны результаты экспериментальных исследований [5], показывающих, что критическое значение плотности внутренней энергии, накопленной в срезаемом слое металла, хорошо коррелирует с термодинамической характеристикой ΔH_s , то есть с количеством энергии, которое необходимо подвести к единице объема материала, чтобы нагреть его от нуля до температуры плавления и расплавить.

Следует отметить, что увеличение η_g всегда сопровождается повышением производительности и снижением температуры на поверхности, уменьшая вероятность появления прижогов на шлифуемой поверхности.

Рассмотренные выше энергетические подходы относятся к частным случаям реализации методов металлообработки. Обобщение их на научном уровне представляется весьма актуальной задачей.

Анализ тенденций развития технологии металлообработки в машиностроении, в особенности, в прецизионном машиностроении, создание новых технологических способов и совершенствование существующих, применяемых на практике, показал целесообразность введения некоторых дополнений в существующие классификационные системы.

Все многообразие методов металлообработки, используемых в машиностроении, по выполняемым ими функциям можно разделить на разделительные и формообразующие. Анализ этих методов показывает, что основным классификационным признаком является вид рабочего процесса. Однако все эти методы можно разделять и по характеру подводимой технологической энергии на методы с объемным воздействием технологической энергии и на

методы с локализацией технологической энергии. Такой классификационный признак характерен как для разделительных, так и для формообразующих методов обработки. К сожалению, данный признак обойден вниманием вследствие отсутствия должного теоретического обоснования [6].

В результате взаимодействия инструмента с заготовкой на последней в процессе генерации образуется характеристический образ инструмента, каждая точка которого движется по определенной траектории, также можно представить точкой, линией или поверхностью, например, соответственно вершину резца, режущую кромку фрезы, поверхность штампа при объемной штамповке. Таким образом, в основу задания поверхности указанным выше способом лежат три характерных элемента:

- прерывистость, то есть прерывистое получение поверхности обрабатываемой заготовки;
- непрерывность, когда кинематикой при принятом методе металлообработки обеспечивается воспроизведение в пространстве некоторой непрерывной прямой, при этом параметры характеристического образа инструмента постоянны в течение всего времени формообразования;
- скачкообразность (единовременность, внезапность), то есть одновременное возникновение поверхности обрабатываемой заготовки.

Первый элемент можно рассматривать как частный случай второго. Тогда все технологические процессы металлообработки можно разделить на две группы: скачкообразные внезапные и непрерывные. Первые технологические процессы характеризуются резким изменением свойств изделия в чрезвычайно короткий промежуток времени. К таким процессам относятся процессы разлома деталей, процессы обработки взрывом, процессы многопроходной обработки давлением и др. Для осуществления этих процессов технологическая энергия сообщается заготовке в короткий промежуток времени или постепенно накапливается, но формообразование происходит скачкообразно, внезапно в короткий промежуток времени. К непрерывным технологическим процессам относятся такие, которые действуют непрерывно в течение определенного времени при постепенном качественном изменении состояния изделия. Такими процессами, например, являются процессы резания металла и множество других процессов, связанных с постепенным удалением припуска с заготовки, а также процессы раскатки деталей, ротационнойковки, сварки и др. [11-20].

Припуск при суперфинишировании настолько мал, что его даже не назначают на эту операцию при разработке технологических процессов. Однако это не значит, что он не определяет эффективность процесса суперфиниширования. Со снятием припуска удаляется дефектный слой на заготовке, возникший на предшествующей шлифовальной операции, исправляются погрешности геометрической формы заготовки, снимается исходный шероховатый слой. Поэтому при суперфинишировании желательно обеспечить надежное удаление дефектного слоя заготовки, а следовательно, необходимо предусматривать припуск на обработку [21-24].

К сожалению, при суперфинишировании с использованием традиционных способов, при которых абразивный инструмент в течение всего времени суперфиниширования прижимается всей своей рабочей поверхностью к обрабатываемой поверхности заготовки, не обеспечивает возможности снятия с заготовки значительного припуска, так как инструмент быстро засаливается и перестает резать. Действительно, мощность резания при суперфинишировании:

$$W = P_z \cdot v = P_n \cdot v \cdot f_t. \quad (1)$$

Более точно производительность обработки при суперфинишировании характеризует эффективная мощность резания. Эффективную мощность резания определим умножением равенства (1) на коэффициент потери энергии:

$$W_\varphi = P_z \cdot v = P_n \cdot v \cdot f_t \cdot \varphi. \quad (2)$$

Сопоставим значения мощности и эффективной мощности при суперфинишировании с величиной снимаемого припуска. Из работы [6] следует, что объем пор рабочей поверхности абразивного инструмента равен:

$$V_p = N_z \cdot d_0 \cdot S_i, \quad (3)$$

где N_z - коэффициент, зависящий от структуры и твердости абразивного инструмента;

d_0 - средний диаметр абразивных зерен;

S_i - площадь рабочей поверхности инструмента.

С учетом равенства (1) снимаемый припуск за время t :

$$V_s = V_{tz} \cdot z \cdot t = 34\pi^2 (1 + 1,5 f_t (1 + \xi)) \frac{v}{E_0} \cdot z \cdot t_0, \quad (4)$$

где t_0 - время непрерывного контакта рабочей поверхности бруска с заготовкой;

z - число "рабочих" зерен на рабочей поверхности заготовки, находящихся в контакте с обрабатываемой поверхностью.

Число зерен на поверхности инструмента:

$$z = \frac{P_{nr}}{P_{nz}} = \frac{P_n}{51 \cdot \tau \cdot a^2 (1 + \xi)} \cdot \frac{P_{nr}}{P_n}. \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в равенство (4), получим:

$$V_s = \frac{0,67 \cdot (1 + 1,5 f_z (1 + \xi)) P_n}{1 + \xi} \frac{v}{E_0} \frac{P_{nr}}{P_n} \cdot t_0. \quad (6)$$

Или, раскрывая в (6) значение E_0 , получим:

$$V_s = \frac{0,049}{1 + \xi} \cdot \frac{v}{\tau} \cdot P_{nr} \cdot t_0. \quad (7)$$

Отношение нормальной силы резания к силе прижима инструмента можно оценить соотношением:

$$\frac{P_{nr}}{P_n} = \frac{V_p - V_s}{V_p}.$$

Подставляя это выражение в равенства (3) и (7), найдем:

$$\frac{P_{nr}}{P_n} = 1 - \frac{0,67(1 + 1,5 f_z (1 + \xi)) \cdot P_n \cdot v \cdot t}{N_z \cdot d_z \cdot S_i (1 + \xi) E_0} \frac{P_{nr}}{P_n}$$

Из этого выражения

$$\frac{P_{nr}}{P_n} = \frac{N_z \cdot d_0 \cdot S_i (1 + \xi) E_0}{N_z \cdot d_0 \cdot S_i (1 + \xi) E_0 + 0,67(1 + 1,5 f_z (1 + \xi)) \cdot P_n \cdot v \cdot t_0}. \quad (8)$$

Подставляя в равенство (8) выражение (5), найдем:

$$\frac{P_{nr}}{P_n} = \frac{N_z \cdot d_0 \cdot S_i (1 + \xi) \tau}{N_z \cdot d_0 \cdot S_i (1 + \xi) \tau + 0,049 \cdot P_n \cdot v \cdot t_0}. \quad (9)$$

На основании равенства (7) несложно найти линейный съем припуска за время в расчете на диаметр заготовки:

$$q(t) = \frac{V_s}{\pi \cdot d \cdot l_z}, \quad (10)$$

где d - диаметр заготовки;

l_z - длина профиля заготовки.

Как видно из выражений (4) и (7), объем снимаемого припуска при суперфинишировании не остается постоянным, а существенно изменяется во времени. С увеличением времени обработки съем металла снижается. Сложное влияние на производительность обработки оказывают сила прижима инструмента к обрабатываемой поверхности, зернистость

инструмента, скорость резания и другие факторы. С одной стороны, с возрастанием значений этих факторов производительность возрастает, но, с другой стороны, по истечении некоторого времени снижается число режущих зерен, и производительность падает.

Таким образом, мелкозернистый брусок обеспечивает более высокое качество обработки, но значительно меньший съем металла, что не обеспечивает удаления с поверхности различного рода дефектов. Это противоречие на практике решают путем использования двух или трех переходов: процесс суперфиниширования осуществляют сначала крупнозернистым, а затем мелкозернистыми инструментами. Однако при этом снижается цикл обработки, используется дорогостоящее оборудование, усложняется наладка оборудования [25-29].

На наш взгляд, указанное противоречие можно решить более радикальным средством. Если использовать инструмент зернистости М7, то можно достигнуть высокого качества поверхности. Но для того, что бы при этом достигнуть необходимого съема материала, необходимо, например, ограничивать время непрерывного контакта рабочей поверхности бруска с заготовкой, периодически с интервалом не менее 2-3 секунд отводить рабочую поверхность инструмента от обрабатываемой поверхности с целью очистки ее от стружки и шлама. В таком случае и съем металла будет достаточный и будет обеспечено высокое качество обработанной поверхности.

Из условия одновременного обеспечения высокой производительности снятия припуска и интенсивности исправления исходных погрешностей геометрической формы изделия нами сформулированы следующие требования к кинематике осуществления процесса суперфиниширования:

Научной школой абразивной обработки СГТУ им. Ю.А. Гагарина совместно с учеными ЗКАТУ им. Жангир хана, ЗКИТУ предложено множество способов суперфиниширования, удовлетворяющих указанным требованиям [7-10 и др.].

Однако большая часть из них основана на предложенном нами способе многобрускового суперфиниширования и конструкции станка. Сущность этого способа заключается в том, что абразивные бруски устанавливают во вращающейся инструментальной головке, ось которой пересекается под острым углом с осью вращения заготовки в точке симметрии обрабатываемой поверхности.

Для реализации предложенного способа нами разработана конструкция станка для обработки колец подшипников. В этой конструкции абразивные бруски прижимаются к обрабатываемой поверхности через механизм подачи, имеющий самотормозящую систему. Тем самым обеспечивается высокая исправляющая способность суперфинишной обработки и возможность профилировать заготовку, например, создавать бомбину на дорожке качения роликоподшипника.

В данной работе предложен другой подход к исследованию эффективности технологических процессов. На примере предыдущего анализа видно, что, используя достаточно универсальные и простые энергетические критерии, можно сделать быстрый сравнительный анализ различных способов и даже методов обработки, выбрать из них наиболее эффективный и усовершенствовать существующую технологию. Это вооружает технологов-машиностроителей и научных работников мощным оружием в области поиска резервов повышения эффективности производственных процессов.

Таким образом весьма важным направлением в совершенствовании технологии машиностроительного производства является создание технологических процессов, позволяющих локализовать технологическую энергию в рабочей зоне и управлять ее энергетическими параметрами. При локализации технологической энергии возможно локальное ее воздействие на заготовку, а, следовательно, возникает возможность более тонко управлять свойствами заготовки и в более полной мере обеспечивать ее требуемое качество. Это особенно важно в производстве таких точных изделий, какими являются подшипники качения и другие прецизионные изделия, поэтому дальнейшее развитие методов совершенствования технологических процессов следует осуществлять в направлении поиска критериев для оценки качества изготавливаемых изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подураев В.Н. Технология физико-химических методов обработки. - М.: Машиностроение, 1985. - 264 с.
2. Рыжов Э.В., Аверченков В.Н. Оптимизация технологических процессов механической обработки. - Киев: Наукова думка, 1989. - 192 с.
3. Совершенствование технологии финишной обработки колец подшипников / Б.М. Бродский, А.Л. Черневский,
4. Макаров А.Н. Оптимизация процессов резания. - М.: Машиностроение, 1976. - 278 с.
5. Шрайбман с.М. Тенденции развития технологии механообработки, металлорежущих станков и инструментов // Вестник машиностроения. 1991. № 3.
6. Королев А.В., Чистяков А.М., Давиденко О.Ю., Королев А.А. Новые прогрессивные технологии машиностроительного производства. Часть 2. Теоретические основы многобрускового формообразующего суперфиниширования с локализацией контакта инструмента и обрабатываемой поверхности. - Саратов: СГТУ, 1997. - 216 с.
7. Патент РФ № 2057631. Устройство для абразивной обработки беговых дорожек колец подшипников / Королев А.В., Коротков П.Я. // Открытия. Изобретения. 1996. № 10.
8. Патент РФ № 2072293. Устройство для абразивной обработки / Королев А.В., Рабинович Л.Д., Бржозовский Б.М. // Открытия. Изобретения. 1997. № 3.
9. Патент РФ № 2072294. Способ чистовой обработки / Королев А.В., Коротков П.Я., Комаров В.А. // Открытия. Изобретения. 1997. № 3.
10. Патент на изобретение РФ №2373043 Способ чистовой обработки /Тюрин А.Н., Королев А.В.// Открытия. Изобретения. 2009г. № 19.
11. Hohe Frequenzhohes Niveau // Produktion. 1996. № 3.-P.12.
12. Superfinishing // Tool. and Prod. - 1996. 62, № 2. - P. 106.
13. Metal removal with centerless microfinishing // Amer. Mach. - 1996. - 140, № 4. - P. 178.
14. Self-aligning toll // Amer. Mach.- 1995. - 139, № 4. - p.186.
15. Influence of the working pressure on the amplitude of the grinding stone movement in a pneumatic superfinishing device / Budei Radu, Budei Luminifa, Jonescu Romeo // Bul. Inst. politehn. Jasi, Sec. 5. - 1994. - 40, № 1. - 4. - p. 87-94.
16. Tyurin A.N. The concept of the energy of interaction between tool and workpitce in the process of superfinishing. «Recent Advances in Abrasives Research». Nova Science Publishers, Inc. New York. – 2013. – pp. 89-113.
17. Tyurin A.N. Power Indicators of Bar Abrasive Processing. «Life Science Journal» 2013; 10(11s): 104 -107. ISSN 1097-8135 New York, USA.
18. Tyurin A.N. Dependence of greasing factor of cutting energy and technological modes of superfinishing parts proctssing. «Life Science Journal» 2014; 11(1s): 199 – 201. ISSN 1097-8135 New York, USA.
19. Tyurin A.N. Study of dependence of cutting energy on process parameters at parts superfinishing. «Life Science Journal» 2014; 11(4s):316-319] (ISSN:1097-8135) New York, USA.
20. Tyurin A.N. Lump Energy of Cutting by Single Abrasive Grain International Conference on Frontiers of Mechanical Engineering, Materials and Energy(ICFMEME 2012)Декабрь 2012г, КНР, опубликовано: Advanced Materials Research Vols. 875-877 (2014) pp 1046-1057.Trans Tech Publications, Switzerland. Doi10.4028/www.scientific.net/AMR. 875-877.1046.
21. Тюрин А.Н. , Королев А.В., Королев А.А. Энергия взаимодействия инструмента и заготовки при суперфинишировании// Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2007. - №4(28). - Выпуск 1. – С. 71-81.
22. Тюрин А.Н., Королев А.В. Расчет прочности удержания абразивного зерна связкой. Труды МВТУ им. Баумана секция «Машиностроение» №3(72) 2008г с. 100-109.
23. Тюрин А.Н. Баланс энергии взаимодействия инструмента и заготовки при суперфинишировании//Технология машиностроения, 2008. - №5. - С. 12-15.
24. Тюрин А.Н. Единовременная энергия резания единичным абразивным зерном //Технология машиностроения, 2008. - №6. - С.16-23.

25. Тюрин А.Н., Королев А.В. Оценка качества брусковой обработки деталей энергетическими параметрами процесса // Труды МВТУ им. Баумана секция «Машиностроение» - 2008. - №4 (73) . - С.65-72.

26. Тюрин А.Н., Королев А.В., Королев А.А. Повышение работоспособности опор качения двигателей машин. Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2017. - № 1. – С. 105– 113.

27. Тюрин А.Н., Тюрин Н.А. Исследование модели распределения связки абразивного инструмента. Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2018. - № 1. – С. 58– 63.

28. Тюрин А.Н., Тюрин Н.А. Анализ кинематики движения абразивного зерна при различных способах суперфинишной обработки деталей. Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2018. - № 4. – С. 105– 110.

29. Тюрин А.Н., Тюрин Н.А. Расчет энергии деформации мостиков связки абразивного инструмента. Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2019. - № 3. – С. 124– 131.

ТҮЙІН

Мақалада технологиялық энергияны локализациялауға негізделген машина жасау өнімдерін өндірудің технологиялық әдістерінің тиімділігі теориялық тұрғыдан негізделді. Машина жасауда қолданылатын металл өңдеу әдістерінің барлық алуан түрлілігін атқаратын қызметтеріне қарай бөлу және пішіндеу болып бөлуге болатыны көрсетілген. Бұл әдістерді талдау негізгі жіктеу белгісі жұмыс үрдісінің түрі екенін көрсетеді. Бірақ бұл әдістердің барлығын берілетін технологиялық энергияның сипатына қарай технологиялық энергияның көлемдік әсері бар әдістерге және технологиялық энергияны локализациялау әдістеріне бөлуге болады. Мұндай жіктеу ерекшелігі бөлу және пішіндеу өңдеу әдістеріне де тән. Машина жасау өндірісінің технологиясын жетілдірудің өте маңызды бағыты технологиялық энергияны жұмыс аймағында локализациялауға және оның энергетикалық параметрлерін бақылауға мүмкіндік беретін технологиялық процестерді құру болып табылады, бұл ретте оның дайындамаға жергілікті әсер етуі мүмкін, және, сондықтан дайындаманың қасиеттерін мұқият бақылауға және оның қажетті сапасын толық қамтамасыз етуге болады. Жұмыс аймағына шағын бөліктерде технологиялық энергияны беру өндіріс өнімінің сапасын жақсартатыны және оның жоғары жиілігі жоғары өнімділікті қамтамасыз ететіні көрсетілген, бұл әсіресе доңғалақ мойынтіректері және басқа да дәл бұйымдар сияқты дәл өнімдерді өндіруде маңызды, сондықтан технологиялық процестерді жетілдіру әдістерін одан әрі әзірлеу шығарылатын өнімнің сапасын бағалау критерийлерін табу бағытында жүргізілуі керек.