

УДК 621.789

Т. А. Балтаев¹, магистр техники и технологии, старший преподаватель кафедры «НГД и ТМС»,

Н. Т. Самигуллаева¹, студентка группы МС-42

А. В. Королёв², доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения», **А. Ф. Балаев**², кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения»

¹Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г.Уральск, РК

²Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина, г. Саратов, РФ

О ПРИМЕНИМОСТИ ЭНЕРГИИ УЛЬТРАЗВУКА В ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕЛАКСАЦИИ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Аннотация

В данной работе приводятся сравнительные результаты эффективности разработанных и исследованных авторами технологий, основанных на применении энергии ультразвука.

В результате исследования, выявлена очевидная эффективность применения энергии ультразвука не только в процессе стабилизации геометрических параметров изделий машиностроительного производства, но и возможность ее применения в процессе стабилизации остаточных напряжений как отдельных деталей, так и узлов механизмов в сборе. Техничко-экономическая эффективность предлагаемой технологии обуславливается обеспечением производительности обработки, при высоком качестве обработки данный способ гарантирует отсутствие остаточных деформаций детали, повреждение ее наружной поверхности и максимальное использование энергии ультразвуковых колебаний для обеспечения стабилизации геометрических параметров. Исследованная авторами технология снижает себестоимость изготовления детали за счет повышения производительности при сокращении машинного времени для заданных условий обработки относительно традиционных технологий стабилизации остаточных напряжений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России ФЦП – Соглашение № 14.574.21.0015 от 17.06.2014 (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57414X0015)

Ключевые слова: ультразвук, оборудование, энергия, технология, стабилизация остаточных напряжений.

Ультразвуковая обработка начала активно внедряться в производство в 60-е гг. двадцатого века. Наряду со странами СНГ исследования в этой области вели ученые США, Японии, Германии, Англии, Голландии, Китая. Многочисленными исследованиями доказана эффективность воздействия ультразвуковых колебаний, в частности, при обработке твердых и хрупких материалов, при резании труднообрабатываемых сталей и сплавов, при упрочнении поверхностей деталей, при пластическом деформировании материалов. Вместе с тем, объем внедрения ультразвуковой технологии и выпуска соответствующего оборудования заметно отстает от объема проводимых исследований [1].

Сотрудниками ЗКАТУ им. Жангир хана (г. Уральск) и ООО НПП НИМ (г. Саратов) разработана эффективная технология ультразвуковой релаксации остаточных напряжений в деталях типа колец [2-4]. Сущность данной технологии заключается в том, что обрабатываемая заготовка подвергается упругой деформации на определенную величину, а от специальной ультразвуковой установки ей дополнительно контактным способом сообщаются ультразвуковые колебания.

Испытания способа релаксации остаточных напряжений [5] проводились на кольцах 206-01Б, взятых после операции шлифования по наружному и внутреннему диаметрам и предварительного шлифования желоба.

Согласно разработанной методике исследований в качестве исследуемых факторов принимались:

D_k — наружный диаметр колец;

V_k — отклонения от некруглости желоба по наименьшему диаметру;

H_m — твердость материала.

При ультразвуковой обработке колец сравнивали три группы колец, из которых 1-ю группу колец обработали по заводской технологии дополнительного отпуска (отпуск при температуре 150°C в печи в течение 3-х часов), 2-ю группу колец обработали по усредненным режимам ультразвуковой обработки, 3-ю контрольную группу не подвергали никаким видам обработки.

Для определения величины остаточных напряжений была принята следующая методика. В исследуемых образцах (кольцах) измеряли наружный диаметр с точностью до 1 мкм. Затем кольца

разрезали и измеряли их наружный диаметр в плоскости, перпендикулярной резу. При этом, под воздействием внутренних напряжений, имеющих в материале кольца, величина его наружного диаметра изменялась — уменьшалась или увеличивалась в зависимости от знака напряжения до положения статического равновесия.

После разрезания кольцо представляет собой упругий элемент, характеризующийся величиной жесткости. Определив жесткость кольца и зная величину изменения его наружного диаметра можно подсчитать величину остаточных напряжений в материале кольца.

Жесткость колец определяли экспериментально на установке для определения коэффициентов трения в материалах. На основании усредненных значений величины изменения наружного диаметра после разрезки колец с учетом усредненной величины жесткости колец, вычислены величины действующих нагрузок и напряжений в материале колец по всем группам образцов.

В таблице 1 приведены значения средних величин контролируемых параметров и остаточных напряжений в кольцах после дополнительного отпуска, ультразвуковой стабилизации на средних режимах и в кольцах контрольной группы.

Таблица 1 – Средние величины контролируемых параметров и остаточных напряжений после различных видов обработки

Обработка	Параметры					
	Изменение наружного диаметра ΔD , мкм	Изменение некругл. ΔV , мкм	Изменение твердости ΔH , HRC,	Разность диаметров до и после разрезки ΔD , мкм	Сила от внутренн. напряжений, Н	Величина внутренн. напряжений σ , Н/мм ²
Отпуск в печи при 150°C в течение 3-х часов	0.0017	0.48	-0.19	-16.66	4.298	12.39
Ультразвульразвуковая обработка: $\delta=0.3$ мм; $A=10$ мкм; $t=15$ с	0.00	0.263	0.00	-10.66	2.455	7.5
Контрольная группа (не обработанные)	0.0001	0.086	-0.18	-21.6	5.302	15.30

Из таблицы 1 следует, что ультразвуковая обработка обеспечивает лучшие показатели по всем, принятым в программе, контролируемым показателям:

– после ультразвуковой обработки величина наружного диаметра кольца не изменяется, тогда как после дополнительного отпуска увеличивается в среднем на 1-2 мкм;

– по сравнению с дополнительным отпуском после ультразвуковой обработки отклонение от круглости колец уменьшается в 1.8 раза;

– ультразвуковая обработка повышает твердость материала кольца в среднем на 0.18-0.19 единиц HRC, по сравнению с дополнительным отпуском и контрольной группой колец соответственно;

– ультразвуковая обработка обеспечивает более эффективное снятие напряжений (в среднем в 1.41 раза) по сравнению с дополнительным отпуском.

Выполненные исследования технологии ультразвуковой релаксации остаточных напряжений в деталях типа колец подшипников создали предпосылки для дальнейшего изучения возможности применения энергии ультразвука с целью повышения эффективности технологических процессов машиностроительного производства.

Положительные результаты исследований в данной области нашли свое отражение в работах Салимова Б.Н. [6] и Балтаева Т.А. [7], выполненных под руководством А.В. Королёва. Согласно результатам экспериментальных исследований, представленных в этих работах, использование ультразвукового метода выглаживания поверхностей дорожек качения упорных подшипников типа 1118-2902840 позволило глубже понять кинематику этого процесса и предложить способ увеличения его ресурса и качества продукции в целом.

Этот способ расширяет технологические возможности обработки металлов давлением, так как позволяет получать поверхности дорожек качения подшипников с высокой производительностью, работоспособностью.

В результате проведенных экспериментальных исследований было выявлено значительное влияние воздействующего усилия (P) на формирование радиуса (rg) дорожки качения. Очевидно, что с возрастанием воздействующего усилия (P) увеличивается радиус профиля (rg) дорожки качения (Рисунок 1). А, как известно, радиус профиля (rg) оказывает непосредственное влияние на момент сопротивления вращению (Mg) подшипника качения. Этим и объясняется зависимость сопротивления качения (Mg) от величины радиуса профиля (rg) дорожки кольца подшипника. Значительное влияние на момент сопротивления вращению (Mg) оказывает время выглаживания (t) дорожки качения (Рисунок 2). Увеличение времени выглаживания (t) дорожки качения приводит к уменьшению момента сопротивления вращению (Mg) подшипника в 1,5 раза [2].

Целью стендовых испытаний являлось подтверждение динамической грузоподъемности и скорректированного расчетного ресурса подшипников при 90%-ной надежности норм, рассчитанным по ГОСТ 18855-94. По результатам испытаний установлено: при фактическом значении динамической грузоподъемности 55000Н время выработки подшипников типа 1118-2902840 возросло на 24%. Время выработки подшипников, обработанных по базовой технологии, составило 337 часов, методом ультразвукового выглаживания 419, что составляет 124% ресурса. При динамической грузоподъемности 55000Н время выработки увеличилось на 455 часов, что составляет 138% ресурса (рисунок 3).

Согласно результатам экспериментальных исследований, представленных в этих работах, при использовании энергии ультразвука происходит существенное сокращение затрат времени и энергии при более стабильных результатах по геометрическим параметрам изделий в сравнении с альтернативными методами. Однако результаты, полученные для конкретных изделий, и наличие малого числа публикаций по данной теме, оставляют открытым вопрос о применимости методов релаксации остаточных напряжений, основанных на энергии ультразвука в более общем случае для различных видов изделий и условий их эксплуатации. Для решения этой задачи необходима разработка методологии релаксации остаточных напряжений на основе использования ультразвуковой энергии, что требует проведения более глубоких и разносторонних исследований в данной области.

По технологии ультразвукового выглаживания поверхностей дорожек качения упорных подшипников типа 1118-2902840 были проведены стендовые испытания.

На основе вышеизложенных результатов, планируются исследования с целью внедрить метод, основанный на применении энергии ультразвука в существующую технологию по стабилизации остаточных напряжений при окончательной сборке малогабаритного сдвоенного датчика давления типа МД – ТП применяемой на заводе ЭПО ООО «Сигнал», с целью рационализации и оптимизации технологического процесса в целом.

Главной задачей исследования являются разработка и исследование технологии стабилизации остаточных напряжений в упругих чувствительных элементах малогабаритных сдвоенных датчиков давления типа 2МД – ТП на основе применения ультразвуковой энергии и нахождение рациональных режимов обработки.

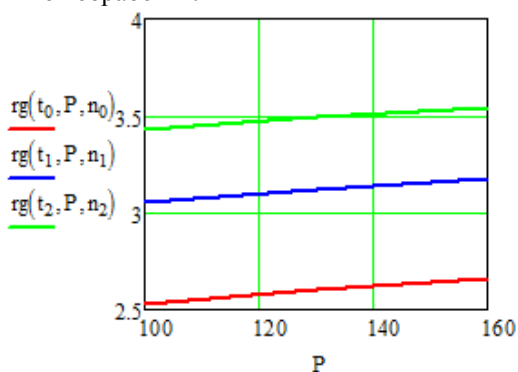


Рисунок 1 – Зависимость радиуса rg (мм) дорожки качения подшипника от воздействующего усилия P (Н) при максимальных, средних и минимальных значениях других факторов.



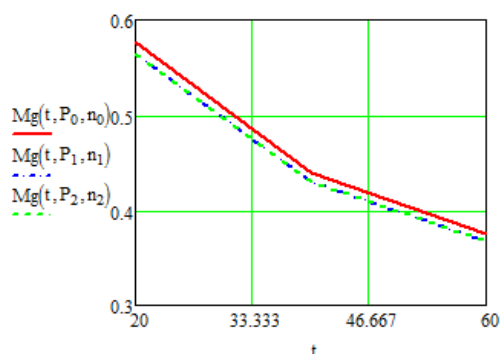


Рисунок 2 – Зависимость момента сопротивления вращению подшипника Mg (Н/м) от времени выглаживания дорожки качения (t) при максимальных, средних и минимальных значениях других факторов

Рисунок 3 – Результаты стендовых испытаний ресурса упорных подшипников 1118-2902840 на динамическую грузоподъемность

Малогобаритные сдвоенные датчики давления типа 2МД – ТП предназначены для дистанционного измерения избыточного давления продукта при одновременной выдаче двух электрических сигналов от одного измеряемого параметра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Захаров О.В. Ультразвуковая обработка нежестко закрепленными инструментами / Захаров О.В., Бржозовский Б.М. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2002. – С. 101
- 2 Королев А.В., Чистяков А.М., Кривега В.А., Моисеев Г.Н. Способ вибростарения деталей // Патент РФ № 2140842. 20.03.99.Бюл. №8.
- 3 Королев А.В., Королев А.А. Способ релаксации остаточных напряжений // Патент RU № 2478031. 27.05.2011.Бюл. №2.
- 4 Королев А.В., Королев А.А. Способ релаксации остаточных напряжений // Патент RU № 2447110. 10.05.2011. Бюл. №2.
- 5 Королев А.В., Чистяков А.М., Кривега В.А., Моисеев В.Г. Технология виброобработки деталей подшипников // Прогрессивные направления развития технологии машиностроения: межвуз. науч. сбор. – Саратов, СГТУ, 1997. – С. 4-11
- 6 Салимов Б. Н. Повышение эффективности изготовления колец шарикоподшипников с многоточечным контактом на основе совершенствования операции суперфиниширования : дис. канд. техн. наук. – Саратов, 2013. – 122 с.
- 7 Балтаев Т. А. Исследование процесса ультразвукового выглаживания дорожек качения упорных подшипников : дис. магис. тех. и техн.-ий. – Саратов, 2013. – С. 96

ТҮЙІН

Бұл жұмыста ультрадыбыстық энергияны қолдануға негізделген технологиялардың авторлар әзірлеген және зерттеген салыстырмалы тиімділігінің нәтижелері ұсынылған.

Зерттеу нәтижесінде, ультрадыбыстық энергияны қолданудың айқын тиімділігі, тек машина жасау өндірісіндегі бұйымдардың геометриялық параметрлерін тұрақтандыру үдерісінде ғана емес, сондай-ақ қалдық кернеулерді тұрақтандыру процесінде жеке бөлшектер мен құрама бөлшектегі тетік түйіндері ретінде, оны қолдану мүмкіндігі анықталды. Ұсынылған технологияның техникалық және экономикалық тиімділігі келесілермен шартталған: өңдеу қуатын қамтамасыз ету және жоғары сапалы өңдеу кезінде, бұл әдіс бөлшектердің қалдық деформациясы болмауын, оның сыртқы бетіне зақым келмеуін және геометриялық параметрлерін тұрақтандыруды қамтамасыз ету үшін ультрадыбыстық тербелістердің энергиясын максималды пайдалануын қамтамасыз етеді. Авторлармен зерттелген технология қалдық кернеулерді тұрақтандыратын дәстүрлі технологияларға қарағанда, келтірілген өңдеу шарттары үшін машина уақытын қысқарту арқылы өнімділігін ұлғайту жолымен бөлшектерді дайындаудың өзіндік құнын төмендетеді.

RESUME

This article presents the results of comparative efficiency of the developed technologies, studied by the authors, based on the application of ultrasonic energy.

As a result of research, it is revealed the obvious effectiveness of application ultrasound energy not only in the process of stabilization of the geometric parameters of products of mechanical engineering production, but also the possibility of its application in the process of stabilization of residual stresses, as individual parts, and

also machinery components in assembly unit of mechanisms. Technical and economic efficiency of the proposed technology is conditioned by: providing processing productivity, at high quality processing of this method ensures that no residual strain parts, damage to its outer surface, and the maximum use of energy ultrasonic vibrations to ensure the stabilization of geometrical parameters. Studied by the authors, the technology reduces the cost of manufacturing parts by increasing productivity while reducing machine time to set conditions regarding the processing of traditional technologies of stabilization of residual stresses.

УДК 631.361.8: 664.123.6

М. К. Бралиев, доцент ВАК,

Б. М. Есмағұл, магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, РК

СОПРОТИВЛЕНИЕ СЛОЯ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА ДВИЖЕНИЮ ВОЗДУХА ПРИ ЕГО СУШКЕ

Аннотация

Для того чтобы выбрать параметры установок, необходимо изучение влияния на величину сопротивления слоя следующих факторов: объемной массы слоя, скорости и направления движения воздуха в нем, характеристики жома массы и параметров продуваемого воздуха.

Ключевые слова: объемная масса, сопротивления слоя, скорость движения воздуха, удельный вес.

Получение чисто аналитической зависимости между указанными величинами практически невозможно, экспериментальное определение чрезвычайно трудоемко, так как требуется установить связь между семью величинами. Поэтому зависимость между сопротивлением слоя и факторами, влияющими на него, получена при помощи теории размерностей [1, 2].

Согласно теории измерений, все единицы меры можно свести к трем основным: длины, массы и времени. Это упрощает решение поставленной задачи. Сопротивление, оказываемое слоем, проходу воздуха, является функцией

$$\Delta P = f(\rho_c, V_B, \gamma_B, \rho_B, \mu, \nu, h) \quad (1)$$

где ρ_c — объемная масса слоя;
 V_B — скорость движения воздуха в слое;
 γ_B и ρ_B — удельный вес и плотность воздуха;
 μ и ν — динамическая и кинематическая вязкость воздуха;
 h — высота слоя.

Так как удельный вес и плотность, а также динамическая и кинематическая вязкость воздуха связаны между собой ускорением силы тяжести, то достаточно вместо четырех величин, характеризующих свойства воздуха взять только две и присоединить к ним ускорение силы тяжести. Тогда (1) переписывается в виде

$$\Delta P = f(\rho_c, V_B, \gamma_B, \mu, h, g) \quad (2)$$

Для потока воздуха в слое логично предположить, что при прочих равных условиях сопротивление слоя жома пропорционально его высоте. Тогда (2) можно представить в виде экспоненциальной зависимости

$$\Delta P = Ah\rho_c^m, V_B^n, g^x, \gamma_B^y, \mu^z \quad (3)$$

где A — безразмерный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала (размеры, длину и толщину частиц жома и др.); m, n, x, y, z — неизвестные показатели степеней.

Определяя размерности величин, входящих в (3), по системе СИ, получим систему уравнений,