

Ю. Г. ШНЕЙДЕР, Р. Х. АМБАРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ ЖЕСТКОСТИ
ПОВЕРХНОСТЕЙ С РЕГУЛЯРНЫМ МИКРОРЕЛЬЕФОМ

Все более широкое применение регулярных микрорельефов на поверхностях деталей машин и, в частности, на направляющих металло-режущих станках требует подробного изучения их контактной жесткости. В настоящей работе регуляризация микрорельефов поверхностей осуществлена методом вибронакатывания [1], позволяющем весьма тонко и в больших пределах управлять и регулировать геометрические параметры качества поверхности.

На первом этапе проведены исследования по изучению контактной жесткости плоских стыков деталей из чугуна СЧ 21, обработанных различными методами финишной обработки, в том числе и вибронакатыванием. Вибронакатыванием создавался частично регулярный микрорельеф (ЧРМР, ГОСТ 24773-81) с площадью канавок, равной 36—40%, который является наиболее близким к оптимальному в отношении обеспечения наилучших условий трения и уменьшения износа направляющих поверхностей станков [2].

Исследование контактных деформаций проводилось на специальной установке, конструкция которой позволила исключить погрешности, вызываемые собственными деформациями образцов [3]. Контактные перемещения измерялись с помощью оптического прибора с ценой деления 0,2 мкм. Номинальная площадь стыка $F = 13,2 \text{ см}^2$. Такой размер стыка позволяет учесть влияние волнистости и одновременно с этим практически исключить влияние от непрямолинейности и неплоскостности. Величина давления q на образцы изменялась от 0 до 2,5 МПа.

На рис. 1 и 2 приведены кривые зависимости сближений образцов δ от давления q . Поскольку основная часть пластической деформации происходит при первом нагружении, то при повторных нагружениях контакт имеет упругий характер.

Из кривых упругих перемещений видно, что у вибронакатанных поверхностей они располагались ниже, чем у поверхностей, обработанных всеми исследованными способами резания. Вибронакатывание увеличивает контактную жесткость поверхностей, обработанных шлифованием на 34%, строганием на 12%, фрезерованием на 10% (данные приведены для давления $q = 0,5 \text{ МПа}$). Контактная жесткость шабренных и вибронакатанных (после тонкого фрезерования) поверхностей примерно одинакова.

Образование системы канавок на гладкообкатанных поверхностях уменьшило их контактную жесткость на 36%. При примерно одинаковых геометрических и физических характеристиках качества гладко-

обкатанных поверхностей напильны, образованные с двух сторон канавок, не способствуют повышению контактной жесткости, а образование системы канавок значительно уменьшает фактическую площадь контакта.

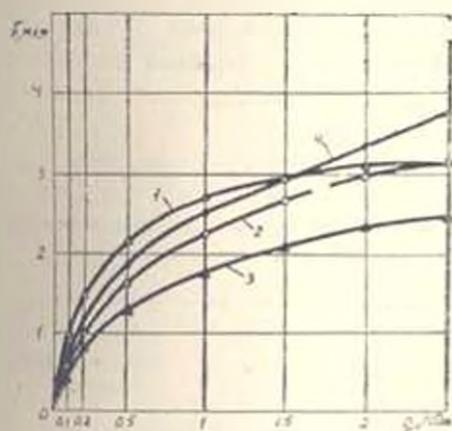


Рис. 1. Зависимость сближения δ от давления q : 1—шлифование; 2—вибронакатывание после шлифования; 3—гладкое обкатывание; 4—вибронакатывание после гладкого обкатывания.

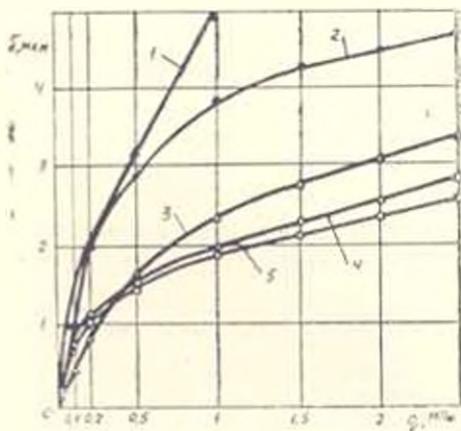


Рис. 2. Зависимость сближения δ от давления q : 1—строгание; 2—вибронакатывание после строгания; 3—фрезерование; 4—вибронакатывание после фрезерования; 5—шлифование.

На основании полученных данных были найдены значения коэффициентов контактной жесткости плоских стыков j в зависимости от величины давления q и способа обработки поверхностей, приведенные в табл. 1. Этими значениями можно пользоваться при практических расчетах жесткости стыков. В табл. 1 приведены также эмпирические формулы, определяющие зависимость между δ и q (при $q = 0,1 - 1$ МПа), выведенные на основе обработки методом наименьших квадратов кривых упругих деформаций.

Статистическая проверка по критерию t -Стьюдента [4] показала, что с доверительной вероятностью 95% образование системы канавок способом вибронакатывания существенно влияет на контактную жесткость плоских стыков. Обработка всех экспериментальных данных осуществлялась на ЭВМ «Наир».

Таким образом, благоприятная форма микронеровностей (большой радиус r и малая величина угла наклона β выступов) при высокой однородности их размеров, а также значительное упрочнение поверхностного слоя [1] способствовали повышению контактной жесткости вибронакатываемых поверхностей.

Исследование влияния параметров режима вибронакатывания на контактную жесткость плоских поверхностей с полностью регулярным микрорельефом (ПРМР, ГОСТ 24773-81) и их оптимизация производилась на стальных (сталь 45) образцах с применением факторного эксперимента типа 2^{6-2} и круглого восхождения. Параметр оптимизации — среднее значение коэффициента контактной жесткости

$j_{ср}$ ($q = 0,1 - 1$ МПа) при повторном нагружении. В качестве независимых переменных были приняты усилия вибронакатывания P , диаметр шара $d_{ш}$, частота вращения заготовки n , поперечная подача $S_{поп}$ и амплитуда осцилляции деформирующего элемента e . Основные уровни факторов выбирались близкими к применяемым в практике, а интервал варьирования — исходя из реальных пределов колебаний значений факторов. Число двойных ходов деформирующего элемента оставалось постоянным ($n_{дх} = 1400$ дв. х/мин).

Таблица

Эмпирические формулы упругих сближений и значения коэффициентов контактной жесткости плоских стыков в зависимости от величины давления и способа обработки поверхностей

Метод обработки	Величина коэффициента контактной жесткости $f = \frac{q}{\delta}$ в $\frac{\text{МПа}}{\text{мкм}}$ при различном давлении							Эмпирическая формула
	$q = 0,1$ МПа	0,2	0,5	1	1,5	2	2,5	
Тонкое строгание ($R_a = 1,25$ мкм)	0,1	0,12	0,17	0,21	0,23	0,26	0,26	$\delta = q^{0,69}$
Вибронакатывание после тонкого строгания	0,09	0,12	0,19	0,26	0,34	0,42	0,47	$\delta = 1,13 q^{0,53}$
Плоское шлифование ($R_a = 1,25$ мкм)	0,09	0,13	0,23	0,37	0,5	0,63	0,76	$\delta = 1,07 q^{0,44}$
Вибронакатывание после плоского шлифования	0,17	0,2	0,31	0,46	0,56	0,67	0,78	$\delta = 0,64 q^{0,55}$
Тонкое торцовое фрезерование ($R_a = 1$ мкм)	0,2	0,22	0,29	0,42	0,54	0,63	0,74	$\delta = 0,53 q^{0,63}$
Вибронакатывание после фрезерования	0,12	0,18	0,32	0,5	0,65	0,77	0,89	$\delta = 0,83 q^{0,31}$
Гладкое обкатывание ($R_a = 1$ мкм)	0,17	0,22	0,38	0,55	0,71	0,87	1	$\delta = 0,58 q^{0,5}$
Вибронакатывание после гладкого обкатывания	0,14	0,18	0,28	0,4	0,5	0,59	0,67	$\delta = 0,72 q^{0,53}$
Шлифование (20—24 пятна)	0,12	0,19	0,33	0,5	0,67	0,83	0,96	$\delta = 0,8 q^{0,4}$

В результате проведенных испытаний и статистической обработки данных получена информация о влиянии факторов и получена математическая модель, позволяющая рассчитать контактную жесткость вибронакатанных плоских стыков внутри выбранных интервалов варьирования факторов (проверка в средней точке показала о незначимости квадратичных членов):

$$j = 2,89 - 0,18P + 0,12a_{ин} + 0,13S_{полн} + 0,13e. \quad (1)$$

Проверка по критерию F -Фишера показала, что уравнение (1) адекватно представляет экспериментальные данные. Наибольшее влияние на j оказывает усилие вибронакатывания P , а затем остальные параметры режима.

Оптимизация параметров режима вибронакатывания методом крутого восхождения [4] позволила повысить контактную жесткость в два раза. Для вышеуказанных условий нагружения плоских стальных стыков с регулярным микрорельефом рекомендуются следующие параметры режима вибронакатывания: $P = 220Н$; $d_{ин} = 7$ мм; $n_2 = 12,5-20$ об/мин; $S_{полн} = 0,085$ мм/об; $e = 3$ мм и $n_{д.х.} = 1400$ об.х/мин.

Ленинградский филиал
ЕрПИ им. К. Маркса

7 IX, 1985

ՅՈՒ. Գ. ՇԵՆՅՆԵՐ, Ի. Կ. ՉԱՄՐԱՐՅԱՆ

ԿԱՐԳԱՎՈՐՎԱԾ ԿՆԿՐՈՆԵՅՆՅՆՈՎ ՄԱԿՆԵՆՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ԿՈՆՏԱԿՏԱՅԻՆ
ԿՈՇՏՈՒԹՅԱՆ ՈՒՈՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հոդվածում շարադրված են թրթռազլանման եղանակով ստացված կարգավորված միկրոռելյեֆով թուշ (ՇՎ 21) և պողպատե (ՏՂՆԵ 15) փորձանմուշների կոնտակտային կոշտության հետազոտման արդյունքները: Պույց է տրված, որ հարթ մակերևույթների վրա կարգավորված միկրոռելյեֆների ստեղծումը, որոնք բնութագրվում են միկրոանհարթությունների կլորացման մեծ շառավիղներով և թեքման փոքր անկյուններով և ինչպես նաև շափերի բարձր համասեռությամբ, դալիորեն բարձրացնում են նրանց կոնտակտային կոշտությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Шнейдер Ю. Г. Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства.— Л. Машиностроение, 1972.— 240 с.
2. Шнейдер Ю. Г., Ахбарян Р. Х. Износостойкость направляющих прецизионных автоматов продольного точения.— Станки и инструмент, 1978, № 4, с. 34—35.
3. Рыжов Э. В. Контактная жесткость деталей машин.— М.: Машиностроение, 1967.— 195 с.
4. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента.— М.: Машиностроение, 1974.— 239 с.