УДК 621.9.015, 621.91.01

DOI: 10.35211/1990-5297-2020-3-238-31-34

А. Н. Кравцов

КОМПЛЕКСНЫЙ ПАРАМЕТР ПОДВИЖНЫХ УПОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ РЕЗЦОВ

Научно-производственный кооператив «ОНИКС», г. Ирбит, Россия

E-mail: npk-oniks@yandex.ru

Рассмотрено повышение работоспособности блочных резцов при достижении заданных свойств упорных контактных соединений их элементов. Приведены результаты изменения регламентируемых параметров профиля поверхности корпусов блоков с использованием явления насыщения. Показатели работоспособности блочных резцов изменяют свои значения при эксплуатации в силу износа часто сменяемых деталей (например, 100 смен режущих блоков соответствует режиму работы контактирующих поверхностей при приложении нормального давления в $P_n = 10$ МПа и скорости относительного движения 10 м/мин за 1 минуту), а также упругопластических деформаций их элементов. Под данными показателями понимаются рабочие характеристики (жесткость конструкции, податливость ее деталей и т. д.) инструментов. Их изменение обуславливает отклонения заданных свойств поверхностей деталей резцов от установленных величин. К заданным свойствам относятся состояние контакта, когда неровности профиля деформируемой поверхности заполняют впадины контактируемой. С целью минимизации таких отклонений необходимо достигать такого состояния поверхностного слоя контактных пар элементов, чтобы эти параметры стабилизировались (достигали равновесных значений) в процессе эксплуатации. Для этого предполагается использовать комплексный параметр поверхностного слоя для контактных соединений с насыщением.

Ключевые слова: эксплуатационные характеристики, поверхностный слой, контактная жесткость, комплексный параметр, блочно-модульный инструмент.

A. N. Kravtsov

INTEGRATED STATE VARIABLE OF PERSISTENT CONTACT JOINTS OF PARTS OF CUTTERS WITH BLOCK-MODULAR STRUCTURE

Research and Production Company "ONIKS", Irbit (Russia)

The increase in the health of block cutters when achieving the operational characteristics of persistent contact joints of their elements is considered. The results of changes in the regulated parameters of the surface profile of the block housing using the saturation phenomenon are presented. The operational characteristics of block cutters change their values during operation, due to wear of frequently replaced parts (for example, 100 changes of cutting blocks correspond to the operating mode of contacting surfaces when normal pressure is applied at $P_n = 10$ MPa and relative speed of 10 m/min per 1 minute), as well as elastoplastic deformations of their elements. By these characteristics we mean the performance (rigidity of the structure, the flexibility of its parts, etc.) tools. Their change causes deviations of the specified properties of the surfaces of the parts of the cutters from the set values. Preset properties include the state of contact when irregularities in the profile of the deformable surface fill the depressions of the contacted surface. In order to minimize such deviations, it is necessary to achieve a state of the surface layer of contact pairs of elements so that these parameters stabilize (reach equilibrium values) during operation. For this, it is proposed to use the complex state variable of the surface layer for contact compounds with saturation.

Keywords: operational characteristics; surface layer; contact stiffness; integrated state variable; block cutters.

При наступлении насыщения (это условие заполнения впадин неровностей деформируемой поверхности материалом контактируемой) изменения параметров шероховатости будут минимальными при [1]:

$$Y_{nl} \geq (0.3 \div 0.9) \cdot R_p. \quad (1)$$

Из теории контактного взаимодействия известно, что пластическая составляющая контактных перемещений определяется по соотношению [3]:

$$Y_{nl} = \pi \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot P \cdot R_a \cdot W_z \cdot H_{\max}}{A \cdot K^I \cdot \sigma_T} \right)^{1/3} = \pi \cdot \left[2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{P}{A \cdot \sigma_T} \right) \cdot \left(\frac{R_a \cdot W_z \cdot H_{\max}}{K^I} \right) \right]^{1/3}. \quad (2)$$

Подставим величины из выражения (1) в (2), а также, учтя то, что $R_p \approx (2.6 \dots 3.0) \cdot R_a$ [3], получим соотношение (3). Преобразования выполним таким образом, чтобы в левой части оказались параметры, мало зависящие от условия обработки, а в правой – оказывающие основное влияние на состояние поверхности при изготовлении деталей блочных конструкций. Выведенное соотношение приводится к виду (см. [2]):

$$[H] = C \cdot \frac{P}{A \cdot \sigma_T} \geq H = \frac{R_a^2 \cdot K^I}{W_z \cdot H_{\max}};$$

$$C = 0.10 \dots 3.99. \quad (3)$$

Обозначим правую часть (3) в виде технологического значения H . А левую часть (3) – в виде расчетно-конструкторского значения комплекса $[H]$ в среднем коэффициент C при

левой части (3), равен единице. Выражение (3), хорошо укладывается в структуру параметров, влияющих на свойство пластичности, так в [3] указано, что, именно, R_p ($R_a = 1/3(R_p)$) оказывает доминирующее влияние на данное свойство (как, и параметры волнистости (W_z) и макроотклонений ($H_{\max}$)). Экспериментальная проверка полученных зависимостей (см. [4]) проводилась при контактировании шероховатой поверхности из стали Ст. 3 с абсолютно гладкой из Р6М5. В работе [4] приведены экспериментальные значения усилия нагрузки P , до момента насыщения, они составляют $P = (4500 \div 7500) \text{ Н} \approx (450 \div 750) \text{ кгс}$, контактные пары Р18 и Д18, Р6М5 и Сталь 45, Ст.3. Состояние поверхности при повторных многократных нагружениях, далеко выходящее за пределы начало насыщения, приведено на рис. 1.

Рис. 1. Изменение параметров профиля поверхности образцов из стали Ст. 3 под нагрузкой $P = (1500; 3500; 5500) \text{ кгс}$, контртело Р6М5 (ролик диаметром 16 мм и длиной 10 мм), $H_p = 2.5 \text{ мкм}$, $H_{\max} = 2 \cdot H_p$, $W_z = 20 \text{ мкм}$, $W_a = 0.2 \cdot W_z = 0.2 \cdot 20 = 4 \text{ мкм}$:
а – профильные параметры; б – комплексный параметр H

Таким образом, в результате серии нагружений (рис. 1, а и 2, а), удалось установить, что, как высотные (R_a , R_p , R_z и др.), так и, шаговые (S_m) параметры профиля контактных пар элементов блочно-модульных резцов при эксплуатации изменяют свои значения. Это же относится к комплексному параметру состояния поверхностного слоя H (рис. 1, б и 2, б). Также было замечено, что только некоторые параметры профиля резко меняют свои значения при нагружении (для стали Ст. 3 – S_m , $R_{\max}$ (рис. 1, а), сплава Д18 – R_p (рис. 2, а)). На рис. 2, б: K_x – комплекс герметичности соединения, I – рав-

номерного износа, D – долговечности опорных пластин режущего элемента [4], H – насыщения контактного соединения.

Что же касается комплексного параметра поверхности H (а также других, см. [4]), хоть он и не имеет более резких изменений, чем профильные, но в отличие от последних, стабилизируются и принимают оптимальные значения после нагружения (рис. 1, б и 2, б). Распределение исследуемых параметров по пятну контакта элементов блочно-модульных резцов (рис. 3) проведено по секторам ($P = 450 \text{ кгс}$ (секторы 1–3) и $P = 750 \text{ кгс}$ (секторы 4–6)).

Рис. 2. Изменение параметров профиля поверхности образцов из сплава Д18 под нагрузкой $P = (0 \div 780)$ кгс, контртело Р18 (ролик диаметром 16 мм и длиной 10 мм), $H_p = 2.5$ мкм, $H_{max} = 2 \cdot H_p$, $W_z = 20$ мкм, $S_{mw} = 1200$ мкм, $W_a = 0.2 \cdot W_z = 0.2 \cdot 20 = 4$ мкм (для комплекса Д – $W_z = 20$ мкм и $W_z = 100$ мкм):
а – профильные параметры; б – комплексные параметры

Рис. 3. Распределение параметров поверхности по пятну контакта контактирующих поверхностей деталей блочно-модульных резцов:
а – профильных, при $P = 750$ кгс; б – комплексных [4] при $P = 450; 750$ кгс

Сектор 1 находится непосредственно по направлению усилия нагружения P . Секторы 2, 3, 4, 5 и 6 находятся на удалении от действия силы P . Они расположены под углом к образующей ролика на 15 градусов максимум. Такое расположение секторов измерений указывает на неравномерность пятна контакта при контактировании реальных элементов блочных резцов. Результаты показали насколько сильно параметры профиля будут отличаться по пятну контакта при нагружении с усилиями 450 и 750 кгс (рис. 3). По анализу рис. 3 видно, что при более высокой нагрузке (750 кгс) комплексные и профильные параметры отличаются друг от друга более резко по пятну контакта, это объясняется тем, что их стабилизация происходит при первых двух нагружениях. Также, полученные результаты согласуются с данными работы [3].

Таким образом, можно констатировать, что регламентация состояния поверхностного слоя, при помощи комплекса H , для достижения несущей способности поверхностей имеет несомненные преимущества. А приведенный комплекс, позволяют его использовать в моделях технологического обеспечения заданных свойств (см [2, 4]), с целью повышении работоспособности блочно-модульных резцов.

Приведенный комплекс, упорных контактных соединений H , характеризующий состояние поверхностного слоя при насыщении контакта, позволяет использовать его для повышения работоспособности блочных резцов. Он дает возможность увеличить работоспособность их в целом, а именно: повысить разрушающую подачу конструкции на 60 %, виброустойчивость (снизить среднюю амплитуду колебаний

и повысить их частоту) на 20 %, уменьшить смещение вершины режущего элемента на (40÷80) %. Эти заключения хорошо обоснованы производственными и лабораторными испытаниями (см. [2, 4]).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Суслов, А. Г.* Изменение параметров шероховатости при контактировании гладкой и шероховатой поверхности / А. Г. Суслов, Н. В. Кравцов, А. А. Кельнер // Сборник научных трудов «Технологическое обеспечение функциональных параметров качества поверхностного слоя деталей машин». – Брянск : Изд-во БИТМа, 1987. – 152 с., ил.
2. *Кравцов, Н. В.* Применение комплексных параметров при технологическом обеспечении эксплуатационных свойств сборных инструментов / Н. В. Кравцов, А. А. Ключко // Передовой производственный опыт и научно-технические достижения : информационный сборник. – ВНИИТЭМР, 1990. – Вып. 4. – С. 11–12, ил.
3. Инженерия поверхности деталей / колл. авт. ; под ред. А. Г. Суслова. – М. : Машиностроение, 2008. – 320 с., ил.
4. *Кравцов, Н. В.* Комплексные параметры состояния поверхностей деталей блочно-модульных токарных резцов / Н. В. Кравцов, А. Н. Кравцов // Омский научный вестник. Серия: Приборы, машины и технологии. – 2012. – № 3. – С. 162–166.