

УДК 621.9.02

РАСЧЁТ ЖЁСТКОСТИ УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА ОБКАТНИКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ КРУПНЫХ ВАЛОВ

Выходец В.И., Никифоров Н.И.

Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Камышин, e-mail: nikiforovni@rambler.ru

Минимальная жёсткость упругого элемента в копирующем инструменте для обработки поверхностным пластическим деформированием должна обеспечивать в случае изменения диаметра соответствующее изменение силы деформирования. Жёсткость, рассчитанная по известным методикам, оптимальным образом изменяет усилие обкатки с изменением диаметра заготовки. Но чтобы практически использовать эти методики, необходимо знать функциональную зависимость между усилием деформирования и диаметром заготовки, которая до сих пор однозначно не установлена. В статье показано, что жёсткость упругого элемента инструмента для ППД имеет линейную зависимость от диаметра обкатываемой детали и предела текучести материала заготовки с коэффициентом пропорциональности, обусловленным усилием обкатки. Определён коэффициент пропорциональности и предложена формула для расчёта жёсткости упругого элемента инструмента для обработки ППД роликами крупных валов.

Ключевые слова: обкатник, вал, упругий элемент, жёсткость

CALCULATION OF ELASTIC ELEMENT RIGIDITY OBKATNIKA FOR PROCESSING OF LARGE SHAFTS

Vichodez V.I., Nikiforov N.I.

The Kamyshin Tecnological Institute (branch) of the Volgograd State Technical University, Kamyshin, E-mail: nikiforovni@rambler.ru

The minimum stiffness of the elastic element in a copying tool for the treatment of surface plastic deformation should provide in the event of changes in the diameter of the corresponding change in the deformation forces. Stiffness calculated by known methods, optimum running force changes with a change in diameter of the workpiece. But in order to make practical use of these techniques, it is necessary to know the functional relationship between effort and deforirovaniya diameter of the workpiece, which is still not clearly established. The article shows that the rigidity of the elastic element to the tool PPD has a linear dependence on the diameter of the run-in details and the yield strength of the workpiece material with a coefficient of proportionality, due to the running effort. Definitely the proportionality factor and proposed a formula to calculate the stiffness of the elastic element tool for processing large trees PPD rollers.

Keywords: obkatnik, shaft, an elastic member, rigidity

В работе [1] показано, что минимальная жёсткость j_{\min} упругого элемента обкатника должна обеспечивать в случае приращения диаметра на величину ΔD соответствующее приращение усилия обкатки ΔP . Деформирующий элемент обкатника – ролик воздействует на деталь с одной стороны, поэтому для определения j_{\min} точнее использовать приращение радиуса обрабатываемой детали ΔR .

$$j_{\min} \geq \frac{\Delta P}{\Delta R} \quad (1)$$

Так как жесткость, рассчитанная по формуле (1), оптимальным образом изменяет усилие обкатки с изменением диаметра заготовки, то при выборе жесткости упругого элемента обкатника знак неравенства в ней можно заменить на знак равенства. Чтобы практически использовать данную формулу, необходимо знать функциональную зависимость между усилием обкатки и диаметром заготовки, которая до сих пор однозначно не установлена. Например, у Н.В. Кудрявцева [3] усилие обкатки пропорционально

квадрату диаметра, а у Ю.С. Шнейдера [4] оно связано с радиусом заготовки в степени $\frac{3}{4}$. Т.е, для разных условий производства, материалов, размеров заготовки и конструктивных элементов обкатника функциональная зависимость $P = f(D)$ будет разная.

Рассмотрим один из частных случаев, а именно обработку крупных валов роликовым обкатником. Анализ экспериментальных данных, приведённых в работах [1,2] позволяет сделать вывод об увеличении минимальной жёсткости упругого элемента обкатника (далее жёсткости) с увеличением усилия обкатки, диаметра обкатываемой детали и предела текучести материала заготовки. Тогда, принимая во внимание обязательное совпадение размерностей с обеих сторон равенства, можно предложить для расчёта жёсткости следующую формулу:

$$j = K \cdot \sigma \cdot D \quad (2)$$

где j – жёсткость, Н/мм; σ – предел текучести материала заготовки, Н/мм²; D – диаметр заготовки, мм; K – коэффициент

Таблица 1

Минимальная жёсткость упругого элемента обкатника, Н/мм

Предел текучести, Н/мм ²	Диаметр заготовки, мм					
	112,5	142	180	225	285	360
200	176	200	275	360	400	550
250	216	257	350	440	543	
320	280	314	450	560	629	
400	360	400	550	720		
500	440	514	700			
630	560	629	900			
800	720	800				
1000	880	1029				

пропорциональности, значение которого зависит от усилия обкатки.

Рекомендуемые силы обкатки, создающие наклёпанный слой толщиной 0,05 миллиметров, выбираемые в зависимости от диаметра заготовки и предела текучести её материала приведены в источниках [1,2]. На основании этих рекомендаций и с учётом того, что отношение приращения силы к приращению диаметров характеризует жёсткость, составлена таблица 1.

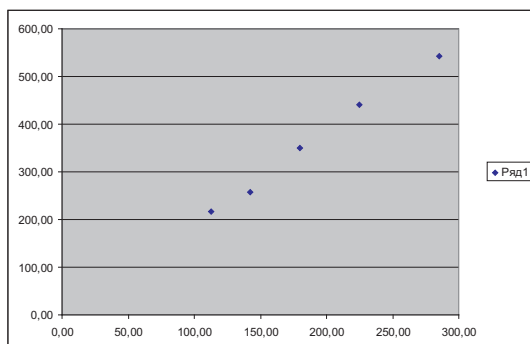


Рис. 1. Зависимость минимальной жёсткости упругого элемента обкатника (ось ординат) от диаметра заготовки при пределе текучести материала заготовки 250 Н/мм².

По данным этой таблицы были построены две группы графиков (по четыре в группе), представляющих зависимости жесткости от диаметров заготовки (при постоянном пределе текучести материала заготовки) и жёсткости от предела текучести материала заготовки (при постоянном диаметре). Ниже, в качестве примера, приведены два графика.

Обе зависимости близки к линейной, проходящей через начало координат с коэффициентами корреляции Пирсона равными $r = 0,998$ (для рис. 1) и $r = 0,999$ (для рис. 2).

Методом наименьших квадратов были найдены коэффициенты линейных уравнений и построены теоретические зависимости совместно с исходными (рис.3,4).

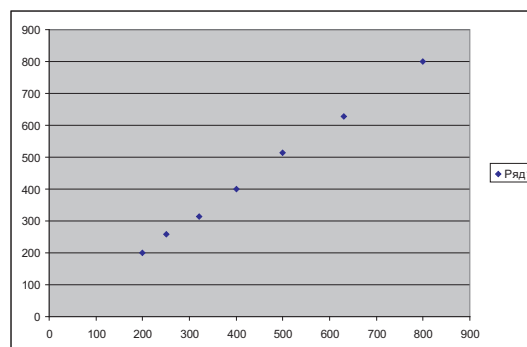


Рис. 2. Зависимость минимальной жёсткости упругого элемента обкатника (ось ординат) от предела текучести материала заготовки при диаметре заготовки 142 мм.

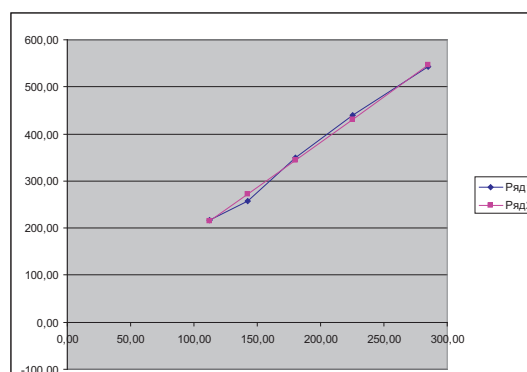


Рис. 3. Зависимость минимальной жёсткости упругого элемента обкатника (ось ординат) от диаметра заготовки при пределе текучести материала заготовки 250 Н/мм². Ряд 1 – исходная, ряд 2 – теоретическая.

Аналогичный анализ всех графиков обеих групп показал, что жёсткость связана линейной зависимостью с диаметром заготовки и пределом текучести материала заготовки и может быть выражена уравнением (2).

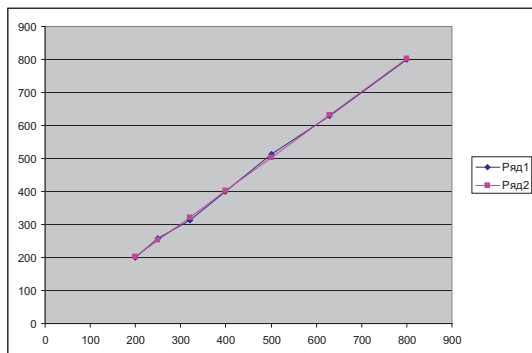


Рис. 4. Зависимость минимальной жёсткости упругого элемента обкатника (ось ординат) от предела текучести материала заготовки при диаметре заготовки 142 мм.

Ряд 1 – исходная, ряд 2 – теоретическая.

По восьми теоретическим зависимостям с доверительной вероятностью 0,95 был найден коэффициент пропорциональности в формуле (2): $K = 0,00756 \pm 0,00024$. Искомая

жёсткость рекомендуется как минимальная, поэтому выбираем для K верхнее значение диапазона ($K = 0,0076 + 0,00024$). Таким образом, расчётная формула для определения минимальной жёсткости упругого элемента обкатника при обработке крупных валов имеет следующий вид.

$$j = 0,0078 \cdot \sigma \cdot D.$$

где j – жёсткость упругого элемента обкатника, Н/мм; σ – предел текучести материала заготовки, Н/мм²; D – диаметр заготовки, мм.

Например, жёсткость упругого элемента обкатника при обработке вала диаметром 100 мм, из стали 45 с пределом текучести 360 Н/мм², рекомендуется выбирать не менее 281 Н/мм.

Список литературы

1. Отений Я.Н., Выходец В.И. Выбор минимальной жёсткости упругого элемента обкатника для обработки крупных валов. Успехи современного естествознания. - 2014.-№12 (часть 2). - С. 99-102.
2. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами. – 2 изд., М.: «Машиностроение», 1975.–159с.
3. Кудрявцев И.В. Повышение прочности стальных деталей обкаткой. – М.: Машгиз. 1948. – 183с.
4. Шнейдер Ю.С. Чистовая обработка металлов давлением. – М.; - Л.: Машгиз, 1963. – 269с.