

Из соотношений (3) и (4) видно, что $y_0(1, \delta_*) = \frac{2}{\pi} \cdot \theta_0(1, \delta_*) < y_k(\delta_*) = \frac{2}{\pi} \cdot \theta_k(\delta_*)$, т.е. линия $y_0(x, \delta_*)$ при заданном δ_* обязательно пересечет линию $y_k(\delta_*)$ при каком-то \bar{x} :

$$1 - y_0(\bar{x}, \delta_*) = 1 - y_k(\bar{x}, \delta_*) \Rightarrow \bar{x} = \frac{1 - \frac{2}{\pi} \theta_k(\delta_k)}{1 - \frac{2}{\pi} \theta_k(\bar{x}, \delta_k)}$$

Численные значения величины $\bar{x}(\delta_*)$ с учётом экспериментальных данных [4] представлены на рис. 1.

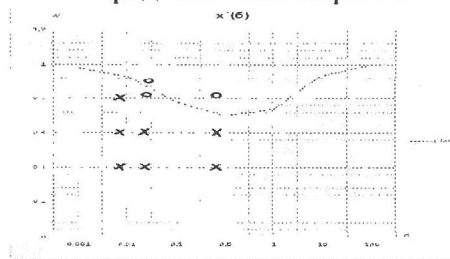


Рис. 1 – Значения величины $\bar{x}(\delta_*)$ при различных значениях δ_* , X – разрушение; O – «утечка»

Таким образом, при распространении полученных результатов с пластин на цилиндрические оболочки под внутренним давлением (с учётом поправки Фолиаса [3]) можно сделать вывод, что при $x = a/h < \bar{x}$ проросшая на всю глубину поверхностная трещина далее не будет распространяться по всей длине стенки оболочки, находящейся под внутренним давлением (возникает «течь»),

а при $x > \bar{x}$ продолжит своё развитие, что в итоге может привести к катастрофическому разрушению всей конструкции при напряжениях ниже предела текучести материала. Данное обстоятельство определяется критерием «утечка перед разрушением».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Civelek, M.B. Elastic-plastic problem for a part-through crack under extension and bending /M.B. Civelec, F.E. Erdogan // Int. J. of Fract. – 1982. – Vol. 20. № 1. – P. 33-46
2. Степанов С.Л., Яковлев А.С. Предельное состояние тонкой упругопластической пластины с несквозной трещиной в приближении Дагдейла // «Мат. Моделирование и краевые задачи»: Тр. 8 Всерос. научн. конф. – Самара: СамГТУ, 2011. – Ч.1: «Математические модели механики, прочности и надежности элементов конструкций». – С. 219 – 222.
3. Folias, E.S. A finite crack in a pressured cylindrical shell / E.S. Folias // Int. J. Fract. Mech. – 1965. Vol. 1. P. 104-113.
4. Даффи, А. Практические примеры расчёта на сопротивление хрупкому разрушению трубопроводов под давлением / А. Даффи, Р. Эйбер, У. Макси //Разрушение. Т.5. расчёт конструкций на хрупкую прочность.- М. Машиностроение, 1977. – С. 146-210.

ФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОКСИДОВ ЗОНЫ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

© 2012 Ярьсько С.И.

Самарский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

FRICIONAL PROPERTIES OF OXIDE FILMS OF LASER TREATMENT ZONE OF THE TOOL STEELS

© 2012 Yaresko S.I.

On the example of the movable contact P18 - steel 20, it is shown that a laser pulse hardening in air leads to a decrease in the coefficient of friction at about 20%.

При упрочняющей лазерной обработке (ЛО) инструмента на воздухе процессы, происходящие в зоне контакта при резании, в большой степени определяются характеристиками и свойствами окисных пленок, возникающих на поверхности зоны лазерного воздействия (ЗЛВ). Комплекс свойств таких пленок оказывает преимущественное влияние на изнашивание упрочненного инструмента, на адгезионные про-

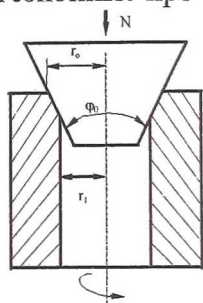


Рисунок 1 –
Схема
определения
тангенциальной
прочности
адгезионных
связей при
трении

цессы на контактных поверхностях. Определение фрикционных свойств оксидов, образующихся на поверхности ЗЛВ, актуально при изучении возможности управления ими при изменении режима ЛО. Для решения данной задачи необходимо проведение модельных экспериментов по измерению адгезионной прочности окисных пленок зоны ЛО инструментальных материалов.

Для изучения адгезионной прочности на срез τ_n окисных пленок в работе использован метод И.В. Крагельского [1], основанный на измерении молекулярной составляющей коэффициента трения. Метод базируется на следующей предпосылке: при контактировании двух твердых тел под сжимающей нагрузкой на пятна контакта образуются адгезионные связи, которые являются результатом проявления молекулярных сил взаимодействия поверхностей соприкасающихся тел. Свойства образующихся при скольжении фрикционных связей зависят также и от напряженно-деформируемого состояния материала. Адгезионные явления учитываются молекулярной составляющей коэффициента трения, а деформационные свойства фрикционной связи определяют вторую его составляющую –

механическую. Адгезионное и деформационное взаимодействия можно рассматривать независимо друг от друга, а интегральную составляющую силы трения представить в виде суммы составляющих.

Для определения показателей адгезионного взаимодействия при наличии подвижного контакта использована физическая модель, которая в первом приближении отражает реальные условия трения и

изнашивания на локальном контакте. Согласно этой модели в цилиндрический образец (изготовленный из конструкционной стали) вставляется образец в виде усеченного конуса (сделанный из инструментальной стали), после чего на конус подается нагрузка, и цилиндр вращают вокруг собственной оси, при этом конусообразный образец остается неподвижным (рис. 1).

Силы, расходуемые на вращение индентора, связаны с прочностью на срез адгезионных связей, т.к. при этом деформационная составляющая касательных сил отсутствует. В условиях схватывания, когда при скольжении деформация и разрушение происходят не на поверхности контакта, определяемые максимальные напряжения отражают прочность приповерхностного слоя более мягкого из контактируемых тел, при отсутствии схватывания эти напряжения связаны с диссипацией энергии, расходуемой на разрыв образовавшихся при контактировании тел связей.

На основании этой физической модели была разработана установка для исследования адгезионного взаимодействия, аналогичная описанной в [2]. Адгезионная составляющая коэффициента трения определяется из

выражения: $f_m = \frac{\tau_n}{P_n}$, где P_n – нормальные

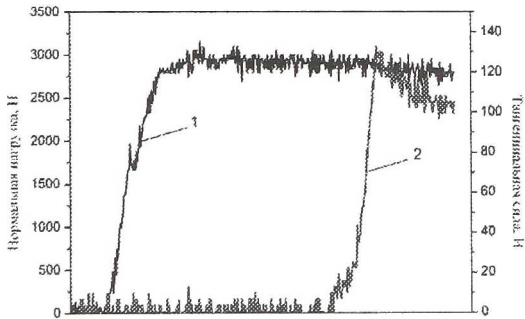
контактные напряжения, действующие на поверхности индентора в области всего отпечатка. При реализации схемы нагружения, представленной на рис. 1, получено выражение для определения адгезионной составляющей коэффициента

трения:

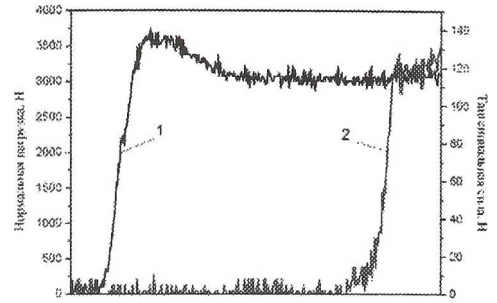
$$f_m = \frac{3}{2} \sin(\varphi_0 / 2) \cdot \frac{R \cdot (r_0^2 - r_1^2)}{(r_0^3 - r_1^3)} \cdot \frac{F}{N}.$$

Здесь φ_0 – угол раствора конуса, $\varphi_0=45$ град, r_1, r_0 – радиусы внутреннего отверстия цилиндрического индентора до и после нагружения, N – нормальная нагрузка, F – тангенциальная сила сдвига, R – радиус держателя цилиндра, $R=3$ см, $r_1=6$ мм, а величина r_0 значения сил F и N определяются из эксперимента.

Измерения проводились при контакте быстрорежущей стали Р18 (материал конуса) и стали 20 (материал цилиндра) в условиях сухого трения и трения после ЛО поверхности конуса на режимах, обеспечивающих образование устойчивой окисной пленки в ЗЛВ ($\varepsilon=2,2$ Дж/мм², двукратно). Значения r_0 определены по размерам контактной площадки. По данным расчетов величина нормальных контактных напряжений составила ~ 920 МПа.



– а –



– б –

1 – нормальная нагрузка (N),

2 – тангенциальная сила (F);

а – без ЛО, $N=(2886 \pm 92)$ Н, $F=132$ Н,

б – после ЛО, $N=(3125 \pm 72)$ Н, $F=115$ Н;

Рисунок 2 – Сухое трение (контактная пара: конус Р18 – цилиндр ст.20)

Для контактной пары конус Р18 – цилиндр ст.20 сила сдвига, зафиксированная в экспериментах, составила 132Н и 115Н в условиях отсутствия ЛО поверхности конуса и при наличии ЛО соответственно (рис.2). Таким образом, по данным расчетов при отсутствии ЛО коэффициент трения $f_m=0,35$, а ЛО поверхности трения конуса приводит к уменьшению его до значения $f_m=0,28$, т.е. обеспечивает его снижение приблизительно на $\sim 20\%$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метод определения прочности адгезионной связи на срез [Текст] / И.В. Крагельский [и др.] // Заводская лаб. – 1970. – №7. – С.852-854.

2. Шустер, Л.Ш. Адгезионное взаимодействие режущего инструмента с обрабатываемым материалом [Текст] / Л.Ш. Шустер. – М.: Машиностроение, 1988. – 96с.